

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-20165

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月26日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
B 4 1 J 2/045  
2/055  
2/205  
H 0 4 N 1/23 1 0 1

F I  
B 4 1 J 3/04 1 0 3 A  
H 0 4 N 1/23 1 0 1 B  
B 4 1 J 3/04 1 0 3 X

審査請求 未請求 請求項の数14 F D (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願平10-123948

(22) 出願日 平成10年(1998) 4月16日

(31) 優先権主張番号 特願平9-117332

(32) 優先日 平 9 (1997) 5 月 7 日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号

(72) 発明者 米窪 周二

長野県諏訪市大和三丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

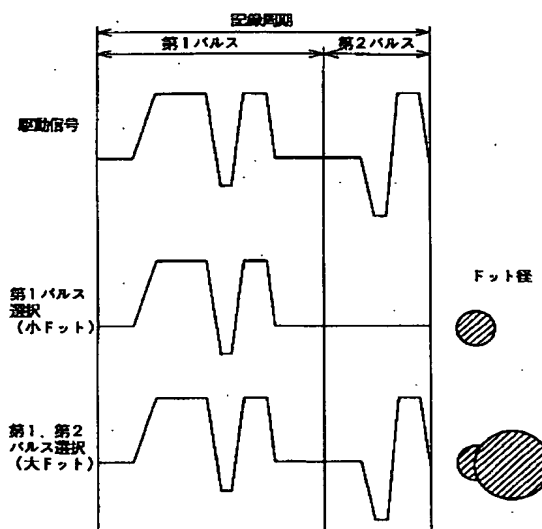
(74) 代理人 弁理士 下出 隆史 (外 2 名)

(54) 【発明の名称】 インクジェット記録ヘッドの駆動装置およびその方法並びにこの装置を用いた印刷装置

(57) 【要約】

【課題】 ピエゾ素子を制御してノズルから吐出するインク量を可変する場合において、一記録周期内に吐出されるインク量の可変範囲を広げる。

【解決手段】 一記録周期内に二つのパルスを有する駆動信号をピエゾ素子駆動回路 50 で生成する。このとき、第 1 パルスが終了してから、第 2 パルスの第 1 信号 T 2 1 までの時間を、インク通路先端のインク界面（メニスカス）の戻り時間 T R + 固有振動による周期 T m の 3 / 8 程度とすることにより、メニスカスがインク通路内で後退していない状態でインク滴の吐出を行なうことができ、インク滴の重量を、第 1、第 2 パルス単独でそれぞれ吐出した場合のインク量の総和より最大 3 0 パーセント程度大きくすることができる。



階調値	第1パルス	第2パルス	デコード値
1 (00)	x	x	(00)
2 (01)	○	x	(10)
3 (10)	○	○	(11)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のノズル開口の各々に対応して設けられた圧力発生素子を作動させることにより、前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット記録ヘッドの駆動装置であって、

前記複数のノズルから第1のインク滴を吐出させるための第1の駆動パルスと、該複数のノズルから前記第1のインク滴より大きな第2のインク滴を吐出させるための第2の駆動パルスとを含んでなる駆動信号を発生させる駆動信号発生手段と、

前記記録画素に対応した一記録周期内で前記各駆動パルスのうちの少なくとも一つの駆動パルスを選択する駆動パルス選択手段と、

該選択された駆動パルスを含む前記駆動信号により、前記圧力発生素子を駆動する素子駆動手段と、

記第1または第2のインク滴により形成されるドットより大きいドットを形成しようとする場合には、前記パルス選択手段により、前記一記録周期内に前記第1の駆動パルスと前記第2の駆動パルスとを選択し、両駆動パルスに応じたインク滴により前記記録媒体上に大ドットを形成する大ドット形成手段とを備えたインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項2】 請求項1記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置であって、

該圧力発生素子の変形により容積が低減されてインクの液圧を増加する圧力発生室を、前記ノズルへのインク通路に連通して設け、

前記駆動信号発生手段は、

前記第2の駆動パルスを、前記圧力発生室を膨張させる第1信号と、膨張状態を保持する第2信号と、前記圧力発生室を収縮する第3信号とを少なくとも有するパルスとして形成すると共に、

前記第1のインク滴吐出のタイミングと前記第2の駆動パルスの前記第1信号の開始タイミングとの時間差を、前記第1のインク滴吐出からのメニスカス戻り時間 $T_R$ より長く、 $T_R + 3 \cdot T_m / 8$  ( $T_m$ は、メニスカス固有振動周期)より短い時間として定めるインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項3】 請求項2記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置であって、

前記インクの吐出の程度に関与するインクの性状を反映したパラメータを検出する検出手段と、

該検出手段により検出されたパラメータに基づいて前記第1信号の開始タイミングを、前記第1のインク滴吐出のタイミングと前記第1信号の開始タイミングとの時間差を変変するタイミング変更手段とを備えたインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項4】 前記検出手段は、前記パラメータとして、前記インクの温度を検出するセンサであり、前記第1のインク滴吐出のタイミングと前記第1信号の開始タ

イミングとの時間差を、該検出された温度が低温から高温となるにしたがって長い側に可変する請求項3記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項5】 請求項1記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置であって、

該圧力発生素子の変形により容積が低減されてインクの液圧を増加する圧力発生室を、前記ノズルへのインク通路に連通して設けると共に、

前記駆動信号発生手段を、前記第1のインク滴吐出のタイミングと前記第2のインク滴吐出のタイミングとの時間差を、前記圧力発生室内のインクのヘルムホルツ共振による振動の周期 $T_c$ を考慮した時間として定める手段としたインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項6】 請求項2記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置であって、

前記駆動信号発生手段を、前記第1のインク滴吐出のタイミングと前記第2のインク滴吐出のタイミングとの時間差を、前記圧力発生室内のインクのヘルムホルツ共振による振動の周期 $T_c$ を考慮した時間として定める手段としたインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項7】 請求項5記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置であって、

前記駆動信号発生手段は、前記第1のインク滴吐出のタイミングと前記第2のインク滴吐出のタイミングとの時間差を、前記ヘルムホルツ共振による振動の周期 $T_c$ の整数倍として定める手段としたインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項8】 請求項5記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置であって、

前記インクの吐出の程度に影響を与えるパラメータを検出する検出手段と、

該検出手段により検出されたパラメータに基づいて、前記第1のインク滴吐出のタイミングと前記第2のインク滴吐出のタイミングとの時間差を、前記インクが吐出されやすくなるに従って、前記周期 $T_c$ の(整数+1/2)倍へと可変する手段とを備えたインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項9】 複数のノズル開口の各々に対応して設けられた圧力発生素子を作動させることにより、前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット記録ヘッドの駆動方法であって、

前記複数のノズルから第1のインク滴を吐出させるための第1の駆動パルスと、該複数のノズルから前記第1のインク滴より大きな第2のインク滴を吐出させるための第2の駆動パルスとを含んでなる駆動信号を発生させ、記録画素に対応した一記録周期内で前記各駆動パルスのうちの少なくとも一つの駆動パルスを選択し、

記第1または第2のインク滴により形成されるドットより大きいドットを形成しようとする場合には、前記一記録周期内に前記第1の駆動パルスと前記第2の駆動パル

スとを選択し、

該選択された駆動パルスを含む前記駆動信号により、前記圧力発生素子を駆動するインクジェット記録ヘッドの駆動方法。

【請求項10】 請求項9記載のインクジェット記録ヘッドの駆動方法であって、

前記駆動パルスを発生する際、

前記第2の駆動パルスを、前記圧力発生素子の変形により容積が低減されてインクの液圧を増加する圧力発生室を膨張させる第1信号と、該膨張状態を保持する第2信号と、前記圧力発生室を収縮する第3信号とを少なくとも有するパルスとして形成すると共に、

前記第1のインク滴吐出のタイミングと、前記第2の駆動パルスの前記第1信号の開始タイミングとの時間差を、前記第1のインク滴吐出からのメニスカス戻り時間 $TR$ より長く、 $TR + 3 \cdot T_m / 8$  ( $T_m$ は、メニスカス固有振動周期)より短い時間とするインクジェット記録ヘッドの駆動方法。

【請求項11】 請求項9記載のインクジェット記録ヘッドの駆動方法であって、

前記駆動パルスを発生する際、

前記第1のインク滴吐出のタイミングと前記第2のインク滴吐出のタイミングとの時間差を、前記圧力発生室内のインクのヘルムホルツ共振による振動の周期 $T_c$ を考慮した時間として定めるインクジェット記録ヘッドの駆動方法。

【請求項12】 複数のノズル開口の各々に対応して設けられた圧力発生素子を作動させることにより、前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット記録ヘッドを備え、該ノズルから吐出されるインク滴により、記録媒体上に画像を記録する印刷装置であって、更に、画像を構成する画素毎に階調値を有する印字データを入力する印字データ入力手段と、

前記複数のノズルから第1のインク滴を吐出させるための第1の駆動パルスと、該複数のノズルから前記第1のインク滴より大きな第2のインク滴を吐出させるための第2の駆動パルスとを含んでなる駆動信号を発生させる駆動信号発生手段と、

記録画素に対応した一記録周期内で、前記入力された印字データの階調値に基づいて、前記第1、第2の駆動パルスのいずれも選択せずインク滴を吐出しないか、前記第1または第2の駆動パルスのいずれか一方のみ選択するか、前記第1および第2の駆動パルスの両方を選択するかを決定する駆動パルス選択手段と、  
該選択された駆動パルスを含む前記駆動信号により前記圧力発生素子を駆動する素子駆動手段とを備えた印刷装置。

【請求項13】 請求項12記載の印刷装置であって、該圧力発生素子の変形により容積が低減されてインクの液圧を増加する圧力発生室を、前記ノズルへのインク通

路に連通して設け、

前記駆動信号発生手段は、

前記第2の駆動パルスを、前記圧力発生室を膨張させる第1信号と、該膨張状態を保持する第2信号と、前記圧力発生室を収縮する第3信号とを少なくとも有するパルスとして形成すると共に、

前記第1のインク滴吐出のタイミングと前記第2の駆動パルスの前記第1信号の開始タイミングとの時間差を、前記第1のインク滴吐出からのメニスカス戻り時間 $TR$ より長く、 $TR + 3 \cdot T_m / 8$  ( $T_m$ は、メニスカス固有振動周期)より短い時間として定める手段である印刷装置。

【請求項14】 請求項12記載の印刷装置であって、該圧力発生素子の変形により容積が低減されてインクの液圧を増加する圧力発生室を、前記ノズルへのインク通路に連通して設けると共に、

前記駆動信号発生手段を、前記第1のインク滴吐出のタイミングと前記第2のインク滴吐出のタイミングとの時間差を、前記圧力発生室内のインクのヘルムホルツ共振による振動の周期 $T_c$ を考慮した時間として定める手段とした印刷装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、同一ノズルから異なる大きさのインク滴を吐出するインクジェット記録ヘッドの駆動装置およびその方法、更にこの駆動装置を用いた印刷装置に関する。

【0002】

【従来の技術】インクジェットプリンタは、印刷しようとする画像に対して2以上の多値化を行ない、多値化の結果得られたドットのオン・オフの信号に基づいて、記録ヘッドの各ノズルにより記録媒体上へのドットの形成を制御している。具体的には、記録ヘッド上の複数のノズルからインク滴がそれぞれ所定のタイミングで吐出され、これらの各インク滴が記録紙等の記録媒体の表面にドットを形成することで記録を行なう構成としている。インクを吐出する手法は、基本的には、ノズルに至るインク通路において、極めて短時間、インクを加圧することにより、加圧されたインクがノズル先端からインク滴となって吐出されるというものである。インクに加える圧力の発生メカニズムの相違により、電歪素子を用いて圧力を発生する方式や加熱による気泡の発生を持つて圧力を加える方式などが知られている。いずれのメカニズムを採用しても、ノズル先端からインクを吐出するインクジェット方式では、インク滴を吐出するかわいなく、つまりドットのオンオフ制御を行なうに過ぎず、吐出されるインク滴のインク重量を連続的かつ自由に制御することは極めて困難であり、そのままでは中間階調を記録することはできなかった。

【0003】そこで、従来より、中間階調を表現するた

めに、面積階調やディザ法、誤差拡散法といった手法が提案されている。面積階調による中間階調の記録を例にとると、1つの画素を4×4、8×8等の複数のドットで表現することによって中間階調の記録を実現している。4×4のドットマトリックスで1つの画素を表現すれば、16階調（全白を含めると17階調）で濃淡を表わすことができる。画素の分解能を上げれば、より細やかに階調表現を行うことができる。しかし、記録ドット径を変えずに階調を上げると実質的な解像度は低下する。また、記録紙上の記録ドット径が大きいと、低濃度領域の粒状性が目立つようになる。従って、インク滴の重量を少なくして記録するドット径を小さくする必要がある。

【0004】ドット径を小さくするために、インク重量の小さなインク滴を吐出する技術としては、例えば特開昭55-17589号公報等に記載されているように、インク通路に接続された圧力発生室の容積を一旦膨張させてから収縮させるという、いわゆる「引き打ち」を行なうものが知られている。圧力発生室の容積を一旦大きくすることで、ノズルにおけるインク先端面（メニスカス）が後退するため、加圧時にノズルから吐出するインク滴が小さくなり、記録ドット径を小さくすることが可能となる。

【0005】記録ドット径が小さくなれば、低濃度領域での粒状性が目立たず記録品質を高めることができるが、記録速度が大幅に低下する。例えば、通常の記録ドット径の約半分にした小径のドットのみを用いる場合は、通常の記録ドット径を用いた場合の4倍の記録時間を要する。記録速度の低下を防止するためには、インク滴を吐出する駆動周波数を4倍に高めるか、あるいはノズル数を4倍に増やせばよいが、いずれも容易ではない。

【0006】そこで、同一のノズルから異なる重量のインク滴を吐出させ階調記録を可能とする技術も提案されている（例えば、米国特許第5,285,215号明細書）。かかる技術では、一つの記録周期内において同一パルス信号を複数個発生することによって微少なインク滴を複数発生させ、記録紙上に着弾する前に、これら複数の微少なインク滴を合体させて大きなインク滴を生成しようとしている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】前記公報記載の技術によれば、微少なインク滴の吐出と、複数のインク滴が合体した大きなインク滴の吐出とを制御することが可能であるが、記録紙着弾前に、大きさがほぼ同一の複数のインク滴を確実に合体させるには、ノズル先端から記録紙までの距離やインク滴の吐出速度とヘッドの移動速度との関係など、多くの条件を満たさなければならない。同様に、記録ドット径の可変範囲も狭いという問題があった。

【0008】本発明は、係る問題を解決することを目的としてなされ、記録ドット径の可変範囲を更に広くすることのできるインクジェット記録ヘッドの駆動装置、その方法、およびこの記録ヘッドの駆動装置を用いた印刷装置を提供するものである。

【0009】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】このような問題の少なくとも一部を解消するために本発明は、次の構成を採用した。即ち、本発明のインクジェット記録ヘッドの駆動装置は、複数のノズル開口の各々に対応して設けられた圧力発生素子を作動させることにより、前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット記録ヘッドの駆動装置であって、前記複数のノズルから第1のインク滴を吐出させるための第1の駆動パルスと、該複数のノズルから前記第1のインク滴より大きな第2のインク滴を吐出させるための第2の駆動パルスとを含んでなる駆動信号を発生させる駆動信号発生手段と、記録画素に対応した一記録周期内で前記各駆動パルスのうちの少なくとも一つの駆動パルスを選択する駆動パルス選択手段と、該選択された駆動パルスを含む前記駆動信号により、前記圧力発生素子を駆動する素子駆動手段と、記第1または第2のインク滴により形成されるドットより大きいドットを形成しようとする場合には、前記パルス選択手段により、前記一記録周期内に前記第1の駆動パルスと前記第2の駆動パルスとを選択し、両駆動パルスに応じたインク滴により前記記録媒体上に大ドットを形成する大ドット形成手段とを備えたことを要旨としている。

【0010】この記録ヘッドの駆動装置に対応する記録ヘッドの駆動方法の発明は、複数のノズル開口の各々に対応して設けられた圧力発生素子を作動させることにより、前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット記録ヘッドの駆動方法であって、前記複数のノズルから第1のインク滴を吐出させるための第1の駆動パルスと、該複数のノズルから前記第1のインク滴より大きな第2のインク滴を吐出させるための第2の駆動パルスとを含んでなる駆動信号を発生させ、記録画素に対応した一記録周期内で前記各駆動パルスのうちの少なくとも一つの駆動パルスを選択し、記第1または第2のインク滴により形成されるドットより大きいドットを形成しようとする場合には、前記一記録周期内に前記第1の駆動パルスと前記第2の駆動パルスとを選択し、該選択された駆動パルスを含む前記駆動信号により、前記圧力発生素子を駆動することを要旨としている。

【0011】かかるインクジェット記録ヘッドの駆動装置および駆動方法によれば、一記録周期内で、大きさの異なる第1、第2のインク滴に対応した各駆動パルスの内の少なくとも一つの駆動パルスを選択し、この駆動パルスを含む駆動信号により圧力発生素子を駆動する。したがって、第1の駆動パルスに対応して形成される第1

のインク滴によるドットと、第2の駆動パルスに対応して形成される第2のインク滴によるドットと、第1および第2の駆動パルスの両者に対応して形成される第1および第2のインク滴によるドットとが形成可能であり、少なくともこのうちの二つのドットを利用することで、ドットを形成しない、小ドットを形成する、これより大きなドットを形成するという3値化以上の多値化を行なうことができる。

【0012】また、かかるインクジェット記録ヘッドの駆動装置および駆動方法では、圧力発生素子の変形により容積が低減されてインクの液圧を増加する圧力発生室を、前記ノズルへのインク通路に連通して設けておき、他方、駆動信号を以下のように定め、かつ制御することが考えられる。一つは、第2の駆動パルスを、前記圧力発生室を膨張させる第1信号と、膨張状態を保持する第2信号と、前記圧力発生室を収縮する第3信号とを少なくとも有するパルスとして形成すると共に、前記第1のインク滴吐出のタイミングと、前記第2の駆動パルスの前記第1信号の開始タイミングとの時間差を、前記第1のインク滴吐出からのメニスカス戻り時間 $T_R$ より長く、 $T_R + 3 \cdot T_m / 8$  ( $T_m$ は、メニスカス固有振動周期)より短い時間として定める構成である。かかる構成を採用することにより、第1のインク滴吐出からのメニスカス戻りによるインクの動きを利用して、第2のインク滴を、大きなインク滴としてすることが容易となる。

【0013】この場合、インクの吐出のされ易さは、インクの様々な性状により影響を受ける。例えば、インクの粘性が高くなれば、吐出されにくくなり、同じ駆動信号を与えてもインク滴は小さくなると考えられる。インクの吐出のされ易さは、インクの粘性、もしくは粘性と強い相関を示すインクの温度によって影響を受けるから、常に同じタイミングで第2の駆動パルスの第1信号のタイミングを定めると、インクの粘性によっては、インク滴の大きさが非所望の大きさになってしまう場合が考えられる。そこで、インクの粘性、またはこれを反映した何らかのパラメータ(例えばインク温度など)を検出し、該検出したパラメータに基づいて前記第1信号の開始タイミングを、前記第1のインク滴吐出のタイミングと前記第1信号の開始タイミングとの時間差を可変するものとすることも好適である。

【0014】通常のインクではその粘性は温度が高くなるほど低くなるから、第1のインク滴吐出のタイミングと第2の駆動パルスの第1信号の開始タイミングとの時間差を、前記検出された温度が低温から高温となるにしたがって長い側に可変することも好適である。この場合、第2のインク滴の大きさを、インク温度によらず同程度に保つことができる。

【0015】上記の構成は、第1のインク滴を吐出したとき、インク先端の界面(メニスカス)が一旦大きく後

退してから元の位置に戻った後、メニスカスが固有の振動数で振動するというインクの大きな動きを考慮したものであるが、インクの動きを詳細に観察すると、インク通路や圧力発生室の剛性や形状に依存すると見られるヘルムホルツ共振による振動が存在する。したがって、このヘルムホルツ共振による振動の周期を考慮して駆動信号を生成することも有効である。この場合にも、圧力発生素子の変形により容積が低減されてインクの液圧を増加する圧力発生室を、前記ノズルへのインク通路に連通して設け、かつ、前記第1のインク滴吐出のタイミングと前記第2のインク滴吐出のタイミングとの時間差を、前記圧力発生室内のインクのヘルムホルツ共振による振動の周期 $T_c$ を考慮した時間として定めることになる。

【0016】インク通路のインクの固有振動を考慮して第2のインク滴を生成する第2のパルスのタイミングを決めることにより、第2のインク滴の大きさを細かく制御することが可能となる。なお、かかる制御は、上述したメニスカス戻り時間を考慮した制御と重ねて行なっても好適である。

【0017】固有振動数を考慮した前記第1のインク滴吐出のタイミングと、前記第2のインク滴吐出のタイミングとの時間差の決め方としては、例えば、この時間差を、圧力発生室内のインクのヘルムホルツ共振による振動の周期 $T_c$ の整数倍として定めることが考えられる。整数倍の場合には、固有振動を利用して、第2のインク滴の重量を高めることができる。

【0018】なお、インクの吐出のされ易さがインクの温度などの性状の変化により増減した場合には、ヘルムホルツ共振による振動の周期を考慮して吐出するインク量を常に増加させたのでは、結果的に非所望のインク量となってしまうことが考えられる。したがって、インクの吐出のされ易さ、たとえばインクの粘性(あるいはこれを反映したインクの温度等)を反映したパラメータを検出し、該パラメータに基づいて、前記第1のインク滴の吐出のタイミングと前記第2のインク滴吐出のタイミングとの時間差を、前記検出されたパラメータによりインクが吐出され易くなるに従って、ヘルムホルツ共振による振動の周期 $T_c$ の(整数+1/2)倍へと可変するものとしてもよい。この場合も、インクの性状が変化して吐出されやすくなっても、インク滴の重量は同程度に保たれる。

【0019】更に、上述したインクジェット記録ヘッドの駆動装置はまた駆動方法を適用した印刷装置の発明を考慮することができる。かかる印刷装置は、複数のノズル開口の各々に対応して設けられた圧力発生素子を作動させることにより、前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット記録ヘッドを備え、該ノズルから吐出されるインク滴により、記録媒体上に画像を記録する印刷装置であって、更に、画像を構成する画素毎に階調値を有する印字データを入力する印字データ入力手段と、

前記複数のノズルから第1のインク滴を吐出させるための第1の駆動パルスと、該複数のノズルから前記第1のインク滴より大きな第2のインク滴を吐出させるための第2の駆動パルスとを含んでなる駆動信号を発生させる駆動信号発生手段と、記録画素に対応した一記録周期内で、前記入力された印字データの階調値に基づいて、前記第1、第2の駆動パルスのいずれも選択せずインク滴を吐出しないか、前記第1または第2の駆動パルスのいずれか一方のみ選択するか、前記第1および第2の駆動パルスの両方を選択するかを決定する駆動パルス選択手段と、該選択された駆動パルスを含む前記駆動信号により前記圧力発生素子を駆動する素子駆動手段とを備えたことを要旨としている。

【0020】この印刷装置は、入力した印字データの階調値に基づいて、一記録周期内で、大きさの異なる第1、第2のインク滴に対応した各駆動パルスの内の少なくとも一つの駆動パルスを選択し、この駆動パルスを含む駆動信号により圧力発生素子を駆動する。したがって、第1の駆動パルスに対応して形成される第1のインク滴によるドットと、第2の駆動パルスに対応して形成される第2のインク滴によるドットと、第1および第2の駆動パルスの両者に対応して形成される第1および第2のインク滴によるドットとが形成可能であり、少なくともこのうちの二つのドットを利用することで、ドットを形成しない、小ドットを形成する、これより大きなドットを形成するという3値化以上の多値化を行なうことができる。この結果、小さいインク滴によるドットと、大きなインク滴によるドットとを、容易かつ確実に形成することができ、印刷速度を低下することなく、形成する画像の品質を格段に向上することができる。

【0021】なお、かかる印刷装置においても、メニスカス戻り時間TRやその固有振動の周期Tm、あるいはインク通路のインクの固有振動数Tcを考慮して、第1のパルス信号と第2のパルス信号との関係を定めることも好適である。

#### 【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、実施例に基づき説明する。

A. 印刷装置の概略構成：説明の便を図って、まず印刷装置の全体構成から説明する。図2は、本発明の一実施例としての印刷装置の構成を示すブロック図である。図示するように、コンピュータ90にスキャナ12とカラープリンタ22とが接続されており、このコンピュータ90に所定のプログラムがロードされ実行されることにより、全体として印刷装置として機能する。図示するように、このコンピュータ90は、プログラムに従って画像処理に関わる動作を制御するための各種演算処理を実行するCPU81を中心に、バス80により相互に接続された次の各部を備える。ROM82は、CPU81で各種演算処理を実行するのに必要なプログラムやデータ

を予め格納しており、RAM83は、同じくCPU81で各種演算処理を実行するのに必要な各種プログラムやデータが一時的に読み書きされるメモリである。入力インターフェイス84は、スキャナ12やキーボード14からの信号の入力を司り、出力インターフェイス85は、プリンタ22へのデータの出力を司る。CRT86は、カラー表示可能なCRT21への信号出力を制御し、ディスクコントローラ(DDC)87は、ハードディスク16やフレキシブルドライブ15あるいは図示しないCD-ROMドライブとの間のデータの授受を制御する。ハードディスク16には、RAM83にロードされて実行される各種プログラムやデバイスドライバの形式で提供される各種プログラムなどが記憶されている。

【0023】このほか、バス80には、シリアル入出力インターフェイス(SIO)88が接続されている。このSIO88は、モデム18に接続されており、モデム18を介して、公衆電話回線PNTに接続されている。コンピュータ90は、このSIO88およびモデム18を介して、外部のネットワークに接続されており、特定のサーバーSVに接続することにより、画像処理に必要なプログラムをハードディスク16にダウンロードすることも可能である。また、必要なプログラムをフレキシブルディスクFDやCD-ROMによりロードし、コンピュータ90に実行させることも可能である。

【0024】図3は本印刷装置のソフトウェアの構成を示すブロック図である。コンピュータ90では、所定のオペレーティングシステムの下で、アプリケーションプログラム95が動作している。オペレーティングシステムには、ビデオドライバ91やプリンタドライバ96が組み込まれており、アプリケーションプログラム95からはこれらのドライバを介して、プリンタ22に転送するための中間画像データMIDが出力されることになる。画像のレタッチなどを行うアプリケーションプログラム95は、スキャナ12から画像を読み込み、これに対して所定の処理を行いつつビデオドライバ91を介してCRTディスプレイ21に画像を表示している。スキャナ12から供給されるデータORGは、カラー原稿から読みとられ、レッド(R)、グリーン(G)、ブルー(B)の3色の色成分からなる原カラー画像データORGである。

【0025】このアプリケーションプログラム95が、印刷命令を発すると、コンピュータ90のプリンタドライバ96が、画像情報をアプリケーションプログラム95から受け取り、これをプリンタ22が処理可能な信号(ここではシアン、マゼンダ、イエロー、ブラックの各色についての多値化された信号)に変換している。図6に示した例では、プリンタドライバ96の内部には、解像度変換モジュール97と、色補正モジュール98と、色補正テーブルLUTと、ハーフトーンモジュール99と、ラスターライザ100とが備えられている。

【0026】解像度変換モジュール97は、アプリケーションプログラム95が扱っているカラー画像データの解像度、即ち単位長さ当たりの画素数をプリンタドライバ96が扱うことができる解像度に変換する役割を果たす。こうして解像度変換された画像データはまだRGBの3色からなる画像情報であるから、色補正モジュール98は色補正テーブルLUTを参照しつつ、各画素ごとにプリンタ22が使用するシアン(C)、マゼンダ

(M)、イエロー(Y)、ブラック(K)の各色のデータに変換する。こうして色補正されたデータは例えば256階調等の幅で階調値を有している。ハーフトーンモジュールは、ドットを分散して形成することによりプリンタ22でかかる階調値を表現するためのハーフトーン処理を実行する。本実施例では、後述するように、プリンタ22が、各画素について、ドットなし、小ドット形成、大ドット形成の3値の表現が可能であることから、3値化を行なっている。こうして処理された画像データは、ラスタライザ100によりプリンタ22に転送すべきデータ順に並べ替えられて、最終的な画像データFNLとして出力される。本実施例では、プリンタ22は画像データFNLに従ってドットを形成する役割を果たすのみであり画像処理は行なっていない。また、コンピュータ90側のプリンタドライバ96では、プリンタ22内部の後述するピエゾ素子駆動信号の調整などは行なっていないが、ピエゾ素子駆動信号に含まれる複数のパルス信号の設定などを、プリンタ22との双方向通信の機能を利用して、プリンタドライバ96側で行なうものとすることも可能である。

【0027】B. プリンタの概略構成：プリンタ22は、図4に示すように、紙送りモータ23によって用紙Pを搬送する機構と、キャリッジモータ24によってキャリッジ31をプラテン26の軸方向に往復動させる機構と、キャリッジ31に搭載された印字ヘッド28を駆動してインクの吐出およびドット形成を行う機構と、これらの紙送りモータ23、キャリッジモータ24、印字ヘッド28および操作パネル32との信号のやり取りを司る制御回路40と、この制御回路40からの信号を受けてピエゾ素子を駆動する駆動信号を生成するピエゾ素子駆動回路50とから構成されている。

【0028】キャリッジ31をプラテン26の軸方向に往復動させる機構は、プラテン26の軸と並行に架設されキャリッジ31を摺動可能に保持する摺動軸34と、キャリッジモータ24との間に無端の駆動ベルト36を張設するプーリ38と、キャリッジ31の原点位置を検出する位置検出センサ39等から構成されている。

【0029】このキャリッジ31には、黒インク(Bk)用のカートリッジ71とシアン(C1)、ライトシアン(C2)、マゼンダ(M1)、ライトマゼンダ(M2)、イエロ(Y)の5色のインクを収納したカラーインク用カートリッジ72が搭載可能である。シアンおよ

びマゼンダの2色については、濃淡2種類のインクを備えていることになる。キャリッジ31の下部の印字ヘッド28には計6個のインク吐出用ヘッド61ないし66が形成されており、キャリッジ31の底部には、この各色用ヘッドにインクタンクからのインクを導く導入管67(図5参照)が立設されている。キャリッジ31に黒(Bk)インク用のカートリッジ71およびカラーインク用カートリッジ72を上方から装着すると、各カートリッジに設けられた接続孔に導入管67が挿入され、各インクカートリッジから吐出用ヘッド61ないし66へのインクの供給が可能となる。

【0030】図8は、インク吐出用ヘッド61~66におけるインクジェットノズルNzの配列を示す説明図である。これらのノズルの配置は、各色ごとにインクを吐出する6組のノズルアレイから成っており、48個のノズルNzが一定のノズルピッチkで千鳥状に配列されている。各ノズルアレイの副走査方向の位置は互いに一致している。なお、各ノズルアレイに含まれる48個のノズルNzは、千鳥状に配列されている必要はなく、一直線上に配置されていてもよい。但し、図8に示すように千鳥状に配列すれば、製造上、ノズルピッチkを小さく設定し易いという利点がある。

【0031】上述したノズルNzからのインクの吐出は、制御回路40およびピエゾ素子駆動回路50により制御されている。制御回路40の内部構成を図10に示した。図示するように、制御回路40の内部には、コンピュータ90からの多値階調情報を含む印字データ等を受信するインターフェース(以下「I/F」という)43と、各種データの記憶を行うRAM44と、各種データ処理のためのルーチン等を記憶したROM45と、CPU等からなる制御部46と、発振回路47と、後述の印字ヘッド28の各ピエゾ素子への駆動信号を発生させる「駆動信号発生手段」としての駆動信号発生回路48と、ドットパターンデータに展開された印字データおよび駆動信号を、紙送りモータ23、キャリッジモータ24およびピエゾ素子駆動回路50に送信するためのI/F49とを備えている。

【0032】コンピュータ90からは、本実施例では、プリンタドライバ96により3値化処理がなされた後の印字データが送られてくるので、制御回路40は、この印字データを受信バッファ44Aに蓄えた後、印字ヘッドのノズルアレイの配置に従って一旦出力バッファ44Cにデータを展開し、これをI/F49を介して出力すれば足りる。他方、コンピュータ90から送信されるデータが、多値階調情報を含む印字データである場合(例えばポストスクリプト形式のデータである場合)には、プリンタ22は、制御回路40内で3値化の処理などを行なうものとすればよい。この場合、印字データは、I/F43を介して記録装置内部の受信バッファ44Aに蓄えられる。受信バッファ44Aに蓄えられた記録デー

タに対してコマンド解析が行われてから中間バッファ44Bへ送られる。中間バッファ44B内では、制御部46によって中間コードに変換された中間形式としての記録データが保持され、各文字の印字位置、修飾の種類、大きさ、フォントのアドレス等が付加する処理が、制御部46によって実行される。次に、制御部46は、中間バッファ44B内の記録データを解析し、階調情報に応じた3値化を行ない、ドットパターンデータを出力バッファ44Cに展開し、記憶させる。

【0033】いずれの場合でも、出力バッファ44Cには、3値化されたドットパターンが展開され、蓄えられることになる。印字ヘッドは、後述するように、各色48個のノズルが備えられているため、ヘッドの1スキャン分に相当するドットパターンデータを出力バッファ44Cに用意した後、このドットパターンデータを、I/F49を介して出力する。ドットパターンデータとして展開された印字データは、後述するように、各ノズル毎の階調データとして例えば2ビットで構成されており、「00」はドットなしに、「10」は小ドット形成に、「11」は大ドット形成に、それぞれ対応している。データの構成とドット形成の様子については、後述する。

【0034】C. インク吐出のメカニズム：インクの吐出およびドット形成を行なう機構について説明する。図5はインク吐出用ヘッド28の内部の概略構成を示す説明図、図6は、ピエゾ素子PEの伸縮によりインクの吐出を行なう様子を示す模式図である。インクカートリッジ71、72がキャリッジ31に装着されると、図5に示すように毛細管現象を利用してインクカートリッジ内のインクが導管67を介して吸い出され、キャリッジ31下部に設けられた印字ヘッド28の各色ヘッド61ないし66に導かれる。なお、初めてインクカートリッジが装着されたときには、専用のポンプによりインクを各色のヘッド61ないし66に吸引する動作が行われるが、本実施例では吸引のためのポンプ、吸引時に印字ヘッド28を覆うキャップ等の構成については図示および説明を省略する。

【0035】各色のヘッド61ないし66には、後で説明する通り、各色毎に48個のノズルNzが設けられており(図8参照)、各ノズル毎に圧力発生素子として、電歪素子の一つであって応答性に優れたピエゾ素子PEが配置されている。図6上段に図示するように、ピエゾ素子PEは、ノズルNzまでインクを導くインク通路68に接する位置に設置されている。ピエゾ素子PEは、周知のように、電圧の印加により結晶構造が歪み、極めて高速に電気-機械エネルギーの変換を行う素子である。本実施例では、ピエゾ素子PEの両端に設けられた電極間に所定時間幅の電圧を印加することにより、図6下段に示すように、ピエゾ素子PEが電圧の印加時間だけ収縮し、インク通路68の一側壁を変形させる。この結果、インク通路68の容積はピエゾ素子PEの収縮に依

じて収縮し、この収縮分に相当するインクが、粒子Ipとなって、ノズルNzの先端から高速に吐出される。このインク粒子Ipがプラテン26に装着された用紙Pに染み込むことにより、印刷が行われる。

【0036】ピエゾ素子を用いたインク滴吐出の原理について、模式図を用いて説明したが、実際のピエゾ素子PEを用いたインク吐出機構の詳細を図7に示した。図7は、記録用ヘッド61ないし66の機械的断面構造の一例を示す断面図である。図示するように、このヘッドは、大きくは、アクチュエータユニット121と流路ユニット122とから構成されている。アクチュエータユニット121は、ピエゾ素子PE、第1の蓋部材130、第2の蓋部材136、スペーサ135等から構成されている。第1の蓋部材130は、厚さ6μm程度のジルコニアの薄板から構成され、その表面に一方の極となる共通電極131が形成され、その表面に後述する圧力発生室132に対向するようにピエゾ素子PEが固定され、更にその表面にAu等の比較的柔軟な金属の層となる駆動電極134が形成されている。

【0037】ここで、ピエゾ素子PEは、第1の蓋部材130とによりたわみ振動型のアクチュエータを形成している。ピエゾ素子PEは、電荷が付加されると収縮して圧力発生室132の容積を縮める方向に変形し、付加された電荷が放電されると伸長して圧力発生室132の容積を元に拡げる方向に変形をする。

【0038】第1の蓋部材130の下部に設けられたスペーサ135は、圧力発生室132を形成するのに適した厚さ、例えば100μmのジルコニア(ZrO2)などのセラミック板に通路を穿設して構成されており、後述する第2の蓋部材136と第1の蓋部材130により両面を封止されて前述の圧力発生室132を形成している。

【0039】スペーサ135の他端に固定された第2の蓋部材136は、スペーサ135と同様、ジルコニア等のセラミックを材質として構成されている。この第2の蓋部材136には、圧力発生室132との間でインク流路を構成する二つの連通孔138、139が穿設されている。連通孔138は、後述するインク供給口137と圧力発生室132とを接続するものであり、連通孔139は、ノズル開口Nzと圧力発生室132の他端とを接続するものである。

【0040】これら各部材130、135、136は、粘土状のセラミックス材料を所定の形状に成形し、これを積層して焼成することにより接着剤を使用することなくアクチュエータユニット121として纏められている。

【0041】次に流路ユニット122について説明する。流路ユニット122は、インク供給口形成基板140、インク室形成基板143、ノズルプレート145などから構成されている。インク供給口形成基板140



は、アクチュエータユニット121の固定基板を兼ねるとともに、圧力発生室132側の一端側にインク供給口137が、圧力発生室132の多端側にはノズル開口Nzが、それぞれ設けられている。インク供給口137は、各ノズル共通のインク室141と圧力発生室132とを接続する連通路であり、その断面積は連通孔138などと比べて十分に小さくされ、オリフィスとして機能するよう設計されている。

【0042】インク室形成基板143は、他方の面をノズルプレート145により封止されて、インク供給口形成基板140と共に、インク室141を形成する部材であり、ノズル開口123と接続するノズル連通孔144が設けられている。インク室141は、図示しないインクタンクからインクが流入するよう、インクカートリッジ71、72に連なる図示しないインク流路に接続されている。

【0043】これらインク供給口形成基板140、インク室形成基板143、及びノズルプレート145は、各々の間に熱溶着フィルムや接着剤等の接着層146、147により固定されており、全体として流路ユニット122を構成している。

【0044】この流路ユニット122と前述のアクチュエータユニット121とは、熱溶着フィルムや接着剤等の接着層148により固定されており、記録用の各ヘッド61ないし66を構成している。

【0045】上記の構成により、 piezo素子PEの駆動電極131、134間に電圧を印可して電荷を付加すると、piezo素子PEは、収縮して圧力発生室132の容\*

$$f = 1 / (2\pi) \times \sqrt{\{(Mn + Ms) / (Mn \times Ms) / (Ci + Cv)\}} \quad \dots (1)$$

【0048】また、メニスカスのコンプライアンスをCnとすると、インク流路の粘性抵抗を無視すれば、メニ※

$$Tm = 2\pi \times \sqrt{\{(Mn + Ms) Cn\}} \quad \dots (2)$$

【0050】また、圧力発生室132の容積をV、インクの密度をρ、インク中での音速のcとすると、流体コ★

$$Ci = V / \rho c^2 \quad \dots (3)$$

【0052】なお、圧力発生室132の剛性コンプライアンスCvは、圧力発生室132に単位圧力を印加したときの圧力発生室132の静的な変形率に一致するから、これを計測することにより、実際の値を求めることができる。

【0053】piezo素子PEの収縮や伸長によりメニスカ스에 励起される固有振動の周期Tcはヘルムホルム共振周波数fの逆数で得られる周期と同一である。実施例に即した計算の一例を挙げると、流体コンプライアンスCiが $1 \times 10^{-20} \text{ m}^5 \text{ N}^{-1}$ 、剛性コンプライアンスCvが $1.5 \times 10^{-20} \text{ m}^5 \text{ N}^{-1}$ 、イナータンスMnが $2 \times 10^8 \text{ kg m}^{-4}$ 、イナータンスMsが $1 \times 10^8 \text{ kg m}^{-4}$ のときのヘルムホルム共振周波数fは125kHzであり、その周期Tcは8μsとなる。

\* 積は縮小し、逆に電荷を放電すると、piezo素子PEは、伸張して圧力発生室132の容積は増大する。圧力発生室132が膨張すると、圧力発生室132内の圧力は低下して共通のインク室141から圧力発生室132内にインクが流入する。piezo素子PEに電荷を付加すると、圧力発生室132の容積は縮小し、圧力発生室132内の圧力が短時間に上昇して圧力発生室132内のインクがノズル開口Nzを介して外部に吐出される。このとき、インク滴IPが外部に吐出される。

10 【0046】ところで、このように構成されたインクジェット記録用の印字ヘッド28では、ノズルNzに至る流路に存在するインクは、圧力発生室132の圧力の変化に伴って、流体として振動現象を起こす。この振動には、少なくとも2種類の固有振動が存在する。ひとつは、インク滴を吐出した後、インク界面であるメニスカスが揺れ戻す比較的長い周期の振動である。これを固有振動(周期Tm)と呼ぶ。もう一つは、圧力発生室132の存在により流体に生じるヘルムホルム共振と呼ばれる振動であり、固有振動と比べると比較的周期の短い振動(周期Tc)である。この圧力発生室132のヘルムホルム共振周波数fは、圧力発生室132のインクの圧縮性に起因する流体コンプライアンスをCi、また圧力発生室132を形成している第1の蓋部材130やpiezo素子PE等の材料自体による剛性コンプライアンスをCv、ノズル開口123のイナータンスをMn、インク供給口137のイナータンスをMsとすると、次式(1)で示される。

【0047】

※スカスの固有振動周期Tmは次式(2)で示される。

【0049】

★ンプライアンスCiは次式(3)で示される。

【0051】

【0054】D. 大小ドットの形成の概略：本実施例のプリンタ22に備えられた各色48個のノズルNzは、その内径を等しく形成されている。かかるノズルNzを用いて径の異なる2種類のドットを形成することができる。この原理について説明する。図9は、インクが吐出される際のノズルNzの駆動波形と吐出されるインクIpとの関係を模式的に示した説明図である。図9において破線で示した駆動波形が通常のドットを吐出する際の波形である。区間d2において一旦、マイナスの電圧をpiezo素子PEに印加すると、圧力発生室132の容積を増大する方向にpiezo素子PEが変形するため、図9の状態Aに示した通り、メニスカスMeは、ノズルNzの内側にへこんだ状態となる。一方、図9の実線で示す駆動波形を用い、区間d2に示すようにマイナス電圧を

急激に印加すると、状態aで示す通りメニスカスは状態Aに比べて大きく内側にへこんだ状態となる。

【0055】 Piezo素子PEに印可するマイナスの電圧のパルス波形によりメニスカスの形状が異なるのは、次の理由による。Piezo素子は、印可された電圧のパルス形状に応じて変形し、圧力発生室132の容積を増減する。圧力発生室132の容積が増大する場合、その変化が極めてゆっくりとしたものであれば、圧力発生室132の容積の増大に伴い、インクは共通のインク室141から供給され、メニスカスはほとんど変化しない。一方、Piezo素子PEの伸縮が短時間に行なわれ、圧力発生室132の容積の変化が急激に生じると、インク室141からインクの供給は、インク供給口137により制限されていることから間に合わず、メニスカスは圧力発生室132の容積の変化により影響を受けることになる。Piezo素子PEに印可する電圧の変化が緩やかな場合（図9破線参照）には、メニスカスの後退は小さく、印可電圧の変化が急激な場合（図9実線参照）には、メニスカスの後退が大きくなるのは、かかるインク供給のバランスによっている。

【0056】 メニスカスが後退した状態から、次に、Piezo素子PEへの印加電圧を正にすると（区間d3）、先に図6を用いて説明した原理に基づいてインクが吐出される。このとき、メニスカスがあまり内側にへこんでいない状態（状態A）からは状態Bおよび状態Cに示すごとく大きなインク滴が吐出され、メニスカスが大きく内側にへこんだ状態（状態a）からは状態bおよび状態cに示すごとく小さなインク滴が吐出される。

【0057】 以上に示した通り、駆動電圧を負にする際（区間d1、d2）の変化率に応じて、ドット径を変化させることができる。しかし、複数のノズルNzを備えたプリンタでは、ドット毎に駆動信号の波形を異ならせる制御を行なうことは、極めて困難である。そこで、本実施例では、異なる波形の二つのパルス信号を含んだ駆動信号を用意し、この信号に応じて印字データを用意することで、大小ドットを形成している。この手法について次に説明する。

【0058】 E. Piezo素子駆動回路と駆動信号：本実施例では、駆動波形とドット径との間のこのような関係に基づいて、ドット径の小さい小ドットを形成するための駆動波形と、ドット径の大きな大ドットを形成するための駆動波形の2種類を用意している（図11参照）。駆動信号の違いによる大小のインク滴の形成の様子については、駆動信号の生成の詳細と共に後述する。

【0059】 まず、図11に示した波形の駆動信号を生成する構成について説明する。図11に示した駆動信号は、Piezo素子駆動回路50により生成される。図12は、このPiezo素子駆動回路50の内部構成を示すブロック図である。図示するように、このPiezo素子駆動回路50の内部には、制御回路40からの信号を受け取

て記憶するメモリ51、このメモリ51の内容を読み出して一時的に保持するラッチ52、このラッチ52の出力と後述するもう一つのラッチ54の出力とを加算する加算器53、ラッチ54の出力をアナログデータに変換するD/A変換器56、変換されたアナログ信号をPiezo素子PE駆動用の電圧振幅まで増幅する電圧増幅部57、増幅された電圧信号に対応した電流供給を行なうための電流増幅部58とから構成されている。ここで、メモリ51は、駆動信号の波形を決める所定のパラメータを記憶しておくものである。後述するように、駆動信号の波形は、予め制御回路40から受け取った所定のパラメータにより決定される。Piezo素子駆動回路50は、図12に示したように、制御回路40から、クロック信号1、2、3、データ信号、アドレス信号0ないし3およびリセット信号を受け取る。

【0060】 図13は、上述したPiezo素子駆動回路50の構成により、駆動信号の波形が決定される様子を示す説明図である。まず、駆動信号の生成に先立って、制御回路40から、駆動信号のスルーレートを示すいくつかのデータ信号とそのデータ信号のアドレス信号とが、クロック信号1に同期して、Piezo素子駆動回路50のメモリ51に出力される。データ信号は1ビットしか存在しないが、図14に示すように、クロック信号1を同期信号とするシリアル転送により、データをやり取りする構成となっている。即ち、制御回路40から所定のスルーレートを転送する場合には、まずクロック信号1に同期して複数ビットのデータ信号を出力し、その後、このデータを格納するアドレスをクロック信号2に同期してアドレス信号0ないし3として出力する。メモリ51は、このクロック信号2が出力されたタイミングでアドレス信号を読み取り、受け取ったデータをそのアドレスに書き込む。アドレス信号は0ないし3の4ビットの信号なので、最大16種類のスルーレートをメモリ51に記憶することができる。なお、データの最上位のビットは、符号として用いられている。

【0061】 各アドレスA、B、・・・へのスルーレートの設定が完了した後、アドレスBがアドレス信号0ないし3に出力されると、最初のクロック信号2により、このアドレスBに対応したスルーレートが第1のラッチ52により保持される。この状態で、次にクロック信号3が出力されると、第2のラッチ54の出力に第1のラッチ52の出力が加算された値が、第2のラッチ54に保持される。即ち、図13に示したように、一旦アドレス信号に対応したスルーレートが選択されると、その後、クロック信号3を受ける度に、第2のラッチ54の出力は、そのスルーレートに従って増減する。アドレスBに格納されたスルーレートは、単位時間 $\Delta T$ 当たり電圧 $\Delta V$ だけ電圧を上昇することに対応した値となっている。なお、増加か減少かは、各アドレスに格納されたデータの符号により決定される。

【0062】図13に示した例では、アドレスAには、スルーレートとして値0、即ち電圧を維持する場合の値が格納されている。したがって、クロック信号2によりアドレスAが有効となると、駆動信号の波形は、増減のない状態、即ちフラットな状態に保たれる。また、アドレスCには、単位時間 $\Delta T$ 当たり電圧を $\Delta V_2$ だけ低下することに対応したスルーレートが格納されている。したがって、クロック信号2によりアドレスCが有効となった後は、この電圧 $\Delta V_2$ ずつ電圧は低下し行くことになる。

【0063】上述した手法により制御回路40からアドレス信号とクロック信号2とを出力するだけで、駆動信号の波形を自由に制御することができる。実施例における駆動信号を構成する各パルスについて図11を用いて説明する。まず、駆動信号は、一つの記録画素に対応した記録周期において、大きく分けて第1パルスと第2パルスとから構成されている。第1パルスは、その電圧値が中間電位 $V_m$ からスタートし（T11）、最大電位 $V_P$ まで一定の勾配で上昇し（T12）、最大電位 $V_P$ を所定時間だけ維持する（T13）。次に、第1パルスは第1の最低電位 $V_{LS}$ まで一定の勾配で下降し（T14）、最低電位 $V_{LS}$ を所定時間だけ維持する（T15）。第1パルスの電圧値は、その後、最大電位 $V_P$ まで一定の勾配で再び上昇し（T16）、最大電位 $V_P$ を所定時間だけ維持する（T17）。その後、第1パルスは中間電位 $V_m$ まで一定の勾配で下降する（T18）。

【0064】ここで、充電パルスT12がピエゾ素子Pに印加されると、ピエゾ素子Pは圧力発生室132の容積を収縮させる方向にたわみ、圧力発生室132内に正圧を発生させる。その結果、メニスカスはノズル開口123から盛り上がる。充電パルスT12の電位差が大きく、電圧勾配が急峻な場合には、充電パルスT12にてインク滴を吐出させることも可能であるが、本実施例においては充電パルスT12にてインク滴が吐出されない範囲に充電パルスT12の電位差を設定している。本実施例においては更に、充電パルスT12の充電時間は、メニスカスがヘルムホルツ周期 $T_c$ の振動を励起しないように $T_c$ 以上の期間（この実施例では $T_c$ と実質的に同一の期間）に設定されている。

【0065】充電パルスT12で盛り上がったメニスカスは、ホールドパルスT13が印加されている間、インクの表面張力により周期 $T_m$ の振動でノズル開口123内へと戻る動きに転ずる。放電パルスT14を印加するとピエゾ素子Pは圧力発生室132を膨張させる方向にたわみ、圧力発生室132内に負圧が生じる。この負圧によるノズル開口123内部へのメニスカスの動きは、上記の周期 $T_m$ の振動に重畳されて、メニスカスはノズル開口123の内部に大きく引き込まれる。このように、メニスカスがノズル開口123の内部に向かうタイミングで放電パルスT14を印加することで、比較的

小さな放電パルスT14の電位差でもメニスカスをノズル開口123の内部に大きく引き込むことができる。本実施例では、ホールドパルスT13の継続時間を $T_m$ の約 $1/2$ とすることで、上記のようなメニスカスの引き込みを保証している。

【0066】メニスカスが引き込まれた状態から充電パルスT16が印加されると圧力発生室132に正圧が発生してメニスカスがノズル開口123から盛り上がる。このとき、メニスカスはノズル開口123の内部に大きく引き込まれているので、正圧方向の圧力が加わっても、吐出されるインク滴は微小なインク滴にとどまることになる。放電パルスT18は、放電パルスT14及び充電パルスT16で励起されたメニスカスの固有振動を抑えるための放電パルスであり、周期 $T_c$ の固有振動がノズル開口123の出口に向かうタイミングでメニスカスをノズル開口123の内部へと向わせる放電パルスT18を印加する。この結果、微小なインク滴の吐出が終了した後のメニスカスの後退は、比較的小さなものに抑制される。

【0067】次に、第2パルスについて説明する。第2パルスは、第1パルスに引き続いて中間電位 $V_m$ からスタートする（T19）。第2の最低電位 $V_{LL}$ まで一定の勾配で下降し（T21）、最低電位 $V_{LL}$ を所定時間だけ維持する（T22）。この第2パルスの最低電位 $V_{LL}$ は第1パルスの最低電位 $V_{LS}$ よりも低い。そして、第2パルスの電圧値は最大電位 $V_P$ まで一定の勾配で上昇し（T23）、最大電位 $V_P$ を所定時間だけ維持する（T24）。その後、第2パルスは中間電位 $V_m$ まで一定の勾配で下降する（T25）。

【0068】放電パルスT21を印加すると、前述のように圧力発生室132内に負圧が生じてメニスカスはノズル開口123の内部に引き込まれる。但し、放電パルスT21の電位差を、第1パルスの放電パルスT14の電位差よりも小さく設定することで、第1パルスに比べてメニスカスがノズル開口123の内部に大きく引き込まれることがないようにスルーレートを設定している。

【0069】充電パルスT23が印加されると圧力発生室132に正圧が発生してメニスカスがノズル開口123から盛り上がる。このとき、メニスカスがノズル開口123の内部にそれほど引き込まれない状態で、正圧方向の圧力変化が発生するため、吐出されるインク滴は第1パルスに比べて大きなインク滴となる。なお、第2パルスの最後の放電パルスT25は、放電パルスT21及び充電パルスT23で励起されたメニスカスの固有振動を抑えるための放電パルスであり、周期 $T_c$ の固有振動によりメニスカスがノズル開口123の出口方向に向かうタイミングで印加される。

【0070】第1パルスと第2パルスとを連続して選択した場合には、結局、二つのインク滴がノズルNzから徒手つれることになるが、二つのインク滴は、用紙上の

ほぼ同じ位置に着弾する。この様子を示したのが、図15である。図示するように、第1のパルスに対応した小さなインク滴IPsと、第2のパルスに対応した大きなインク滴IPmとが、用紙上のほぼ同一位置に着弾することにより、最も大きなドットが形成される。図11に示した駆動信号を用いて2種類のドットを形成する場合、第2パルスの方がピエゾ素子PEの変化量が大きいので、インク滴IPが勢よく吐出されることになり、大きなインク滴IPmの飛行速度は、小さなインク滴IPsと比べて大きい。このようにインク滴の飛行速度に差が存在することから、キャリッジ31を主走査方向に移動しながら、最初に小さなインク滴を吐出し、次に大きなインク滴を吐出した場合、キャリッジ31の走査速度と両インク滴の吐出タイミングとを、キャリッジ31と用紙Pとの間の距離に応じて調整すれば、両インク滴をほぼ同じタイミングで用紙Pに到達させることができる。本実施例では、このようにして図11の2種類の駆動パルスから、最もドット径が大きな大ドットを形成しているのである。

【0071】F. メニスカスの振動と第2パルスのタイミング：以上説明したように、本実施例では、第1パルスに対応したインク滴の吐出と第2パルスに対応したインク滴の吐出とを、単独あるいは連続して行なうことができるが、第1パルスと第2パルスとにより連続してインク滴を形成した場合のインク重量の総和が、それぞれのインク滴を単独で形成した場合の総和より有意に大きくなるよう、メニスカスの振動を考慮して、第1、第2パルスの形成タイミングを調整している。この点を以下説明する。図16は、本実施例におけるパルス選択と1記録周期あたりのインク滴重量との関係を示す説明図である。図示するように、第1パルスと第2パルスを連続的に選択した場合には、第1パルスと第2パルスをそれぞれ単独に選択した場合のインク滴重量の総和に比べて、インク重量は、合計で5ng増加したことが判る。このインク重量の増加は、小さなインク滴を吐出した後、メニスカスの動きを考慮した所定のタイミングで第2のインク滴を形成していることにより得られている。結果的に、小ドットのインク重量（実施例では5ng）に対する大ドットのインク重量（実施例では20ng）の比率は広がり、実質的に記録ドット径の可変範囲を更に広くできたことになっている。具体的には、本実施例では、「第1のインク滴吐出のタイミング」である第1パルスの充電パルスT16の終点と、「圧力発生室を膨張させる第1信号の開始タイミング」である第2パルスの充電パルスT21の始点との時間が、後述する「（第1のインク滴吐出からのメニスカス戻り時間）+（メニスカス固有振動周期Tmの1/8）」となるようにホールパルスT19の時間を設定している。

【0072】図17、図18は、第1実施例におけるメニスカスの動きを示す説明図である。縦軸がメニスカス

変位量、横軸が時間を示している。図中の符号707はノズル開口123の開口面を示し、ノズル開口面707の下がノズル開口123の内部に相当している。また図中の曲線708がメニスカスの変位を示している。したがって、図中の曲線708の接線の傾き（微分値）は、メニスカスの速度を示している。また、インク滴が吐出された場合には、そのタイミングに対応した曲線708が横軸との間であって横軸より上方に形成する一つの閉領域の面積（図示ハッチング部）が、インク滴の重量にほぼ比例することになる。

【0073】図17は、第1パルスを単独に印加したときのメニスカス変位である。メニスカス振動のピーク704に対応してインク滴が吐出される。即ち、この時点で、インク滴はメニスカスから分離して微小インク滴となって吐出する。その後、メニスカスはノズル開口面707より引き込まれた状態となる。一旦、引き込まれたメニスカスはメニスカスの表面張力によりノズル開口面707に向かって戻り始め、時刻701の時点でノズル開口面707に達する。ここで第1のインク滴吐出のタイミングから時刻701までの経過時間が「第1のインク滴吐出からのメニスカス戻り時間」TRである。更にメニスカスはノズル開口面707を超え、やがて戻り始める。つまり、メニスカスは減衰振動を起こすことになる。再びメニスカスがノズル開口面707に至る時刻を709とすると、時刻701から時刻709までの経過時間がメニスカスの固有振動周期Tmの約1/2である。時刻703は、第1のインク滴吐出後メニスカス変位が最大となるポイントであり、時刻701から時刻703の経過時間はメニスカスの固有振動周期Tmの約1/4に等しい。時刻702は、ノズル開口123外部へ向かうメニスカスの速度が最大となる時刻701と前記時刻703のほぼ中間の時刻であり、時刻701から時刻702の経過時間はメニスカスの固有振動周期Tmの約1/8に等しい。時刻710は、時刻703と前記時刻709のほぼ中間の時刻であり、時刻701から時刻710の経過時間はメニスカスの固有振動周期Tmの約3/8に等しい。

【0074】次に第1パルスに引き続いて第2パルスを印加したときのインク滴量の増加現象を図18を参照しつつ説明する。本実施例では、図18に示したように、時刻702のポイントで「圧力発生室を膨張させる第1信号の開始タイミング」である放電パルスT21の印加が開始するように、駆動信号を設定している。この時刻702におけるメニスカスの状態は、メニスカス変位速度およびメニスカス変位がいずれもノズル開口123外向きとなっているため、第2パルスの放電パルスT21によりメニスカスをノズル開口123内部に引き込もうとする作用は相殺され、メニスカスの変位708の引き込み量は低減される。この結果、充電パルスT23の印加により、メニスカス振動のピーク705が高くなり、

メニスカスから分離するインク滴の大きさは、大きくなる。なお、図18において図中符号706は、「第1のインク滴吐出のタイミング」である充電パルスT16の終点と、「圧力発生室を膨張させる第1信号の開始タイミング」である放電パルスT21の始点との時間差を示している。

【0075】図19に、「第2パルスの第1信号の開始タイミング」の位相と第1パルスと第2パルスによって吐出されるインク滴重量の総和と関係を示す。縦軸は第1パルスと第2パルスにより吐出されるインク滴重量の合計値、横軸が時間を示している。インク滴重量曲線G1は、第2パルスの第1信号の開始タイミングを時刻701から710まで可変して、インク量の合計値を計測したものである。インク滴重量の総和は、第2パルスの第1信号の開始タイミングを時刻702付近としたとき最大値20ngとなり、第2パルスの第1信号の開始タイミングが伸びるにしたがって、第1パルスと第2パルスを各々単独に吐出したときのインク滴重量(5+10=)15ngに漸近していく。逆に、第2パルスの第1信号の開始タイミングを短くした場合も、インク滴重量の総和は低減する。これは、メニスカスがノズル開口123内部に引き込まれた状態で、更に第2の駆動パルスの放電パルスT21によりメニスカスをノズル開口123内部に引き込もうとするためと考えられる。図18から、第1のインク滴吐出のタイミングと、第2の駆動パルスの第1の電圧下降波形の開始タイミングとの時間差を、前記第1のインク滴吐出からのメニスカス戻り時間TRより長く、(第1のインク滴吐出からのメニスカス戻り時間TR)+(メニスカス固有振動周期Tmの3/8)より短くすることが望ましいことが分かる。即ち、第2パルスの第1信号の開始タイミングを時刻701から時刻710の時間とすれば、二つのパルスによりそれぞれインク滴を吐出した場合より、インク滴重量を増加することができる。

【0076】G. 駆動回路50の変形例:以上説明した第1実施例では、ピエゾ素子PEに付加する駆動信号は、制御回路40側からの指令に基づいてD/A変換器56を用いて生成したが、駆動信号を生成する駆動回路は、図20に示す回路50Aにより実現することも可能である。かかる駆動回路50Aの構成の一例を、図20に基づいて説明する。この駆動回路50Aは、ヘッド28の各ノズルに対応してシフトレジスタ253A~253N、ラッチ素子254A~254N、レベルシフタ255A~255N、スイッチ素子256A~256N、ピエゾ素子257A~257Nから構成されている。印字データは、(10)、(11)等の如く、各ノズル毎に、2ビットデータで構成されている。そして、全てのノズルについての各桁のビットデータが一記録周期内にシフトレジスタ253A~253Nに入力される。

【0077】即ち、全ノズル分の上位ビットであるビツ

ト2のデータがシフトレジスタ253A~253Nにシリアル転送された後、この全ノズル分のビット2のデータはラッチ素子254A~254Nによってラッチされる。このラッチにより、次に、全ノズル分の下位ビットであるビット1のデータがシフトレジスタ253A~253Nにシリアル転送される。

【0078】そして、例えばアナログスイッチとして構成される各スイッチ素子256A~256Nに加わるビットデータが「1」の場合は、駆動信号(COM)がピエゾ素子257A~257Nに直接印加され、各ピエゾ素子257A~257Nは駆動信号の信号波形に応じて変位する。逆に、各スイッチ素子256A~256Nに加わるビットデータが「0」の場合は、各ピエゾ素子257A~257Nへの駆動信号は遮断され、各ピエゾ素子257A~257Nは直前の電荷を保持する。

【0079】この回路50Aでも、駆動信号(COM)は第1実施例と同様、図1に示した波形となっており、第1パルスおよび第2パルスにより、小さなインク滴と大きなインク滴とが形成される。

【0080】第1パルスは、例えば約5ngの小さいインク滴を吐出させるためのものである。小ドットを記録する場合、この第1パルスが単独に選択され、小さいドット径が得られる。第2パルスは、図1に示した例では、常に前記第1パルスに引き続いて選択され、単独に第2パルスのみ選択されることはない。大ドットを記録する場合、第1、第2パルスが連続して選択されることで、例えば約(5+15=)20ngの大きなインク滴が吐出され、大きなドット径が得られることは、第1実施例で説明した通りである。

【0081】階調表現に関しては、ドットを形成しない無ドットの場合(階調値1)、小ドットのみ形成する場合(階調値2)、大ドットを形成する場合(階調値3)の3パターンで記録紙上に記録ドットを形成すれば、3階調のドット階調を行うことができる。なお、各階調値を(00)、(01)、(10)のように2ビットデータで表わすことができる。

【0082】小さいインク滴のみを吐出する小ドットの階調値2の場合は、スイッチ素子256に対して、第1パルス発生時は同期させて「1」を印加し、第2パルス発生時は「0」を印加すれば、第1パルスのみをピエゾ素子257に供給することができる。つまり、階調2を示す2ビットのデータ(01)を2ビットデータ(10)に翻訳(デコード)することにより、第1パルスのみをピエゾ素子257に印加することができ、小ドットの階調値2を実現することができる。

【0083】同様に、デコードされた2ビットデータ(11)をスイッチ素子256に与えれば、第1パルス及び第2パルスがピエゾ素子257に印加され、これにより記録紙上に小大2発のインク滴が続けて着弾し、各インク滴が混じり合って実質的に大ドットが形成され、

階調値3を実現できる。また同様に、インク滴を吐出しない無ドットの階調値1の場合は、2ビットデータ(00)をスイッチ素子256に与えれば、ピエゾ素子257にはパルスが印加されないで、無ドットの階調値1が実現できることになる。

【0084】各2ビットの印字データをスイッチ素子256等に与える具体的構成について、補足する。まず、出力バッファ44Cには、制御回路46によりデコードされた2ビットの印字データ(D1, D2)が記憶されている。ここで、D1は第1パルスの選択信号、D2は第1パルスの選択信号である。この2ビットの印字データは、一記録周期内に記録ヘッド28の各ノズルに対応したスイッチ素子256に与えられる。具体的には、記録ヘッド28のノズル数をn個とし、副走査方向のある位置における1番目のノズルの印字データを(D11, D21)、2番目のノズルの印字データを(D12, D22)のように表わした場合、シフトレジスタ253には、全ノズルについての第1パルス選択信号D1のデータ(D11, D12, D13, . . . D1n)がクロック信号に同期してシリアル入力される。同様に、全ノズルについての第2パルス選択信号D2のデータ(D21, D22, D23, . . . D2n)が、一記録周期内でシフトレジスタ253に転送される。この様子を、図11の最下段に示しておいた。

【0085】図11に示したように、目的とする駆動パルスを発生させるタイミングの前に、当該駆動パルスを選択する印字データをシフトレジスタ253に転送しておく。そして、目的とするパルスの発生に同期させて、シフトレジスタ253にセットされた印字データをラッチ素子254に転送して記憶させる。ラッチ素子254の印字データは、レベルシフタ255により昇圧された後、スイッチ素子256を介して、ピエゾ素子257に駆動信号として付加される。

【0086】H. 第2実施例：次に本発明の第2実施例について、説明する。第2実施例の印刷装置は、その全体構成は、第1実施例と同様である。第2実施例が第1実施例と異なる点は、インクジェット記録用の印字ヘッド28の環境温度に応じて、第1パルスのインク滴吐出のタイミングと、第2パルスの第1信号の開始タイミングとの時間差を可変とする点である。

【0087】図21は、第2実施例におけるプリンタ22の内部構成を示すブロック図である。この実施例のプリンタ22は、制御回路40およびピエゾ素子駆動回路50の他に、タイミング記憶手段192、タイミング制御手段191、温度センサ194およびAD変換器193を備える。温度センサ194は、印字ヘッド28の周囲の温度を検出するセンサである。この温度センサ194は、インクの吐出のされ易さを反映したパラメータとして環境温度を検出していることになる。この温度センサ194で測定された温度データは、AD変換器193

を介してタイミング制御手段191に取り込まれる。タイミング制御手段191では温度センサ194から入力された温度データに基づいて、タイミング記憶手段192に予め記憶されている「第2パルスの第1信号の開始タイミング」条件を読み出し、これを制御回路40の駆動信号設定回路47に出力する。駆動信号設定回路47は、この条件を取り込んで、第2パルスの第1信号の開始タイミング条件を決定し、その情報をI/F49を介してピエゾ素子駆動回路50に出力する信号のタイミングを調整する。したがって、環境温度により、第2パルスの駆動信号のタイミングを調整することが可能となっている。なお、単に温度センサ194のみを設け、タイミングなどの決定をすべて制御回路40側で行なうよう構成することも可能である。

【0088】図22は、あるインクを採用したプリンタにおいて、環境温度が15℃、25℃、40℃と変化した場合のメニスカスの動きを例示する図であり、縦軸はメニスカスの変位、横軸は時間を示す。図中符号901は、15℃におけるメニスカスの変位であり、符号902、903は各々25℃、40℃におけるメニスカスの変位を示している。

【0089】この例のインクは、その粘度が温度により変化するタイプのインクであり、温度が高くなるほど、粘性が低下する性状を有している。15℃におけるメニスカスの変位901は、25℃におけるメニスカスの変位902に比べて、インク粘度の温度依存性により流路抵抗が増大するため、メニスカス振動の減衰が大きくなり、前述のインク滴吐出直後のメニスカスのヘルムホルツ共振による振幅、およびメニスカスの固有振動による振幅は、共に小さい。更に固有振動の振動周期Tmは流路抵抗の増大により長くなる。逆に、40℃におけるメニスカスの変位901は、流路抵抗が減少するため、メニスカス振動の減衰が小さくなり、メニスカスのヘルムホルツ共振による振幅、およびメニスカスの固有振動による振幅は共に大きくなる。更に前記固有振動の周期Tmは流路抵抗の減少により短くなる。

【0090】このように、プリンタに用いるインクが、温度により粘性が大きく変わるタイプのインクである場合には、粘性の温度依存性によってメニスカス振動状態が大きく変化するため、第1パルスのインク滴吐出のタイミングと、第2パルスの第1信号の開始タイミングとの時間差を環境によらず一定とすると、インク滴の重量が温度により大きく相違する可能性がある。第2パルスの第1信号の開始タイミングにおけるメニスカス位置およびメニスカス速度が変化するためである。

【0091】そこで、こうしたインクを用いた場合には、図22に示したように、第2パルスの第1信号の開始タイミングを、15℃においては時刻904に、25℃においては時刻905に、40℃においては時刻906に、というように、環境温度によって可変とする。こ

の結果、メニスカス位置およびメニスカス速度の環境依存性がある程度相殺することができ、環境温度による第2パルスのインク滴重量の変化を簡単な構成で抑えることが可能となる。なお、インクの吐出のしやすさに関連したパラメータが他にあれば、同様に検出し、第2パルスの第1信号の開始タイミングに反映すれば良い。こうしたパラメータとしては、例えばインクの濃度や大気圧、圧電素子の特性の経年変化など様々なものを考えることができる。こうしたパラメータを直接検出することが望ましいが、直接検出することが困難な場合には、推定したり使用者が設定するものとすることも差し支えない。例えば、インク濃度を交換直後のインクカートリッジ全体の重量から推定したり、特性の経年変化を使用開始からの経過時間により推定することも可能である。また、大気圧などの情報は、プリンタ内にセンサを設けても良いが、例えばコンピュータ90が、電話回線を介して所定の計測期間からデータを受け取り、これをプリンタ22に転送するものとしてもよい。

【0092】J. 第3実施例：次に本発明の第3実施例について説明する。第3実施例の印刷装置およびプリンタとそのヘッド駆動装置は、前記第2実施例の構成に準じている。第3実施例が第2実施例と異なる点は、第1パルスのインク滴吐出のタイミングと、第2パルスの第1信号の開始タイミングとの時間差を高温環境になるにしたがって長い側に可変とする点である。

【0093】図23は、図22同様に、あるインクを用いたプリンタにおいて、環境温度が15℃、25℃、40℃と変化した場合のメニスカスの動きを示す図であり、縦軸はメニスカスの変位、横軸は時間を示す。

【0094】図23に示したように、この実施例では、第2パルスの第1信号の開始タイミングを、15℃においては時刻914に、25℃においては時刻915に、40℃においては時刻916に、というように高温環境になるにしたがって長い側に可変としている。この本実施例でも、第2実施例同様、メニスカス位置およびメニスカス速度の環境依存性がある程度相殺することができ、環境温度による第2パルスのインク滴重量の変化を簡単な構成で抑えることができる。更に本実施例では、高温環境になるにしたがって長い側に可変とすることで、第2パルスの開始タイミングにおいて、第1のインク滴吐出直後のメニスカスのTc振動の影響を受けにくいため、飛行曲がりの少ない、安定した飛翔状態が実現できるという長所を合わせもつ。

【0095】J. 第4実施例：次に、本発明の第4実施例について、説明する。第4実施例は、第1実施例と同様のハードウェア構成を有するが、第2のインク滴の吐出のタイミングをホルムヘルツ共振の周期Tcを考慮して定めている点に特徴を有する。図22、23に例示したように、第1パルスによる小さなインク滴の吐出を行った後のメニスカスの動きを詳細に観察すると、メニ

スカスの固有振動の周期Tmに従うメニスカスの大きな動きに加えて、この周期Tmよりかなり周期の短いホルムヘルツ共振による周期Tcの振動が見られる。したがって、第2のインク滴の吐出のタイミングをこのホルムヘルツ共振による周期Tcを考慮して定めることにより、第2パルスに応じて吐出されるインク滴の重量を可変することができる。

【0096】例えば、図24は、あるインクを用いた場合のメニスカスの動きを詳しく示したものであり、メニスカスの固有振動による周期Tmに、ホルムヘルツ共振による周期Tcの振動が重畳されている様子が分かる。図2において、符号921は、第1パルスによるインク滴の吐出終了後の最初のホルムヘルツ共振による振動のピークを、符号922は2回目のピークを、符号923は、3回目のピークを、符号924は4回目のピークを、それぞれ示している。そこで、第2パルスによるインク滴の吐出のタイミングをこの周期Tcの整数倍（1倍、2倍、3倍・・・）としておけば、第2パルスに応じて吐出されるインク滴の重量を増加することができる。また、第2パルスによるインク滴の吐出のタイミングをこの周期Tcの（整数+1/2）倍としておけば、第2パルスに応じて吐出されるインク滴の重量を減らすことができる。

【0097】この結果、メニスカスのホルムヘルツ共振の周期Tcを考慮することにより、インク滴の重量を細かく制御することが可能となる。この特徴を利用して、例えばインクの粘性が低下してインク滴が吐出されやすくなるにしたがって、第2のインク滴の吐出のタイミングを、周期Tcの整数倍から（整数+1/2）倍へと延ばし（あるいは縮め）、粘性の変化により吐出されやすくなる分を相殺して、粘性の変化によらずインク滴の重量を一定に保つと言った制御を行なうことも可能である。もとより、メニスカスの固有振動による周期Tmとホルムヘルツ共振による周期Tcの両者を考慮して、第2パルスの第1信号のタイミングおよび第2のインク滴の吐出のタイミングを決定することも好適である。この場合には、両者を最適に選択してインク重量を最大とした状態から、両者を最も悪い条件としてインク重量を最小にした状態まで、インク重量の可変範囲を最も広く取ることが可能となる。

【0098】以上本発明のいくつかの実施例について説明したが、本発明は、これらの実施例に何ら限定されるものではなく、本発明の要旨を変更しない範囲内において、種々の態様で実施可能である。例えば、上記の実施例において、圧電素子は、たわみ振動子型のPZTを採用したが、縦振動横効果のPZTであってもよい。但しこの場合、たわみ振動子型のPZTに対して、充電と放電が入れ替わることになる。また、圧力発生素子としては、圧電素子に限らず、例えば磁歪素子等の他の素子を用いてもよい。

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例における piezo 素子の駆動信号の一例を示すグラフである。

【図 2】本発明の印刷装置の概略構成図である。

【図 3】プリンタドライバの構成を示すブロック図である。

【図 4】プリンタ 2 2 の内部構成を駆動系を中心に示す説明図である。

【図 5】印字用ヘッドの導入管 6 7 まわりの概略構成を示す説明図である。

【図 6】piezo 素子の伸縮によりインク滴が吐出される原理を示す説明図である。

【図 7】ヘッドに設けられたインク吐出機構の機械的構造を示す断面図である。

【図 8】実施例における印字ヘッド 2 8 におけるノズルの並びを例示する説明図である。

【図 9】piezo 素子に加える駆動信号とインク滴の吐出との関係を例示する模式図である。

【図 1 0】本発明の第 1 実施例で用いたプリンタ 2 2 内部の電気的な構成を例示するブロック図である。

【図 1 1】駆動信号の各波形について説明する説明図である。

【図 1 2】piezo 素子駆動回路 5 0 の内部構成を例示するブロック図である。

【図 1 3】駆動パルスの生成の過程を示す説明図である。

【図 1 4】データ信号を用いてメモリ 5 1 にスルーレートを設定する場合の各信号のタイミングを示すタイミングチャートである。

【図 1 5】吐出された大小二つのインク滴が用紙 P 上に着弾する状態を示す模式図である。

【図 1 6】パルス選択と 1 記録周期あたりのインク滴重量との関係を示す説明図である。

【図 1 7】単独パルスによりインクの吐出を行なう場合のメニスカスの変位の一実施例を示すグラフである。

【図 1 8】連続する二つのパルスによりインクの吐出を行なう場合のメニスカスの変位の一実施例を示すグラフである。

【図 1 9】第 2 パルスの第 1 信号の開始タイミングと二つのパルスにより吐出されるインク滴重量との関係を示すグラフである。

【図 2 0】第 1 実施例の変形例における piezo 駆動回路の概略構成を示すブロック図である。

【図 2 1】本発明の第 2 実施例におけるプリンタの内部構成を示すブロック図である。

【図 2 2】第 2 実施例におけるメニスカスの変位を示すグラフである。

【図 2 3】本発明の第 3 実施例におけるメニスカスの変位を示すグラフである。

【図 2 4】本発明の第 4 実施例におけるメニスカスの変

位を示すグラフである。

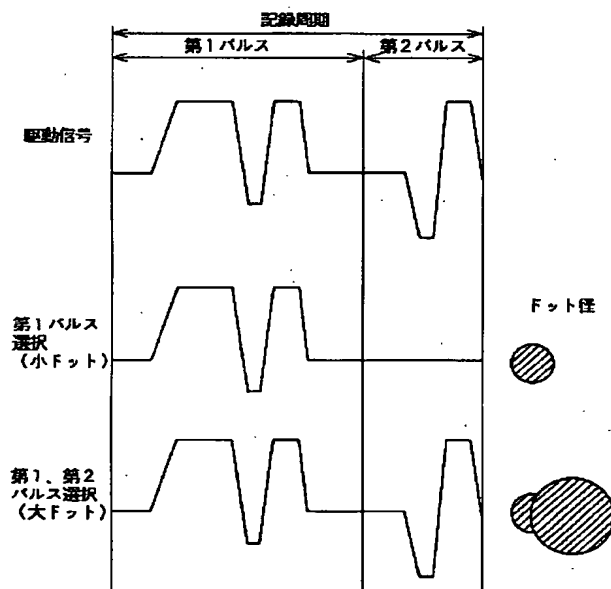
## 【符号の説明】

1 2 … スキャナ  
1 4 … キーボード  
1 5 … フレキシブルドライブ  
1 6 … ハードディスク  
1 8 … モデム  
2 1 … CRT ディスプレイ  
2 2 … プリンタ  
2 3 … 紙送りモータ  
2 4 … キャリッジモータ  
2 6 … プラテン  
2 8 … インク吐出用ヘッド  
3 1 … キャリッジ  
3 2 … 操作パネル  
3 4 … 摺動軸  
3 6 … 駆動ベルト  
3 8 … プーリ  
3 9 … 位置検出センサ  
4 0 … 制御回路  
4 3 … I / F  
4 4 … R A M  
4 4 A … 受信バッファ  
4 4 B … 中間バッファ  
4 4 C … 出力バッファ  
4 5 … R O M  
4 6 … 制御部  
4 7 … 発振回路  
4 8 … 駆動信号発生回路  
4 8 A … 駆動信号設定回路  
4 9 … I / F  
5 0 … piezo 素子駆動回路  
5 1 … メモリ  
5 2 … 第 1 のラッチ  
5 3 … シフトレジスタ  
5 3 … 加算器  
5 4 … 第 2 のラッチ  
5 5 … レベルシフタ  
5 6 … D / A 変換器  
5 7 … 部  
5 7 A ~ 5 7 N … piezo 素子  
5 8 … 電圧増幅部  
5 9 … 電流増幅部  
6 1 ~ 6 6 … インク吐出用ヘッド  
6 7 … 導入管  
6 8 … インク通路  
7 1, 7 2 … インクカートリッジ  
8 0 … バス  
8 1 … C P U  
8 2 … R O M



83…RAM  
 84…入力インターフェイス  
 85…出力インターフェイス  
 86…CRTC  
 88…SIO  
 90…コンピュータ  
 91…ビデオドライバ  
 95…アプリケーションプログラム  
 96…プリンタドライバ  
 97…解像度変換モジュール  
 98…色補正モジュール  
 99…ハーフトーンモジュール  
 100…ラスタイザ  
 121…アクチュエータユニット  
 122…流路ユニット  
 123…ノズル開口  
 130…第1の蓋部材  
 132…圧力発生室  
 134…駆動電極

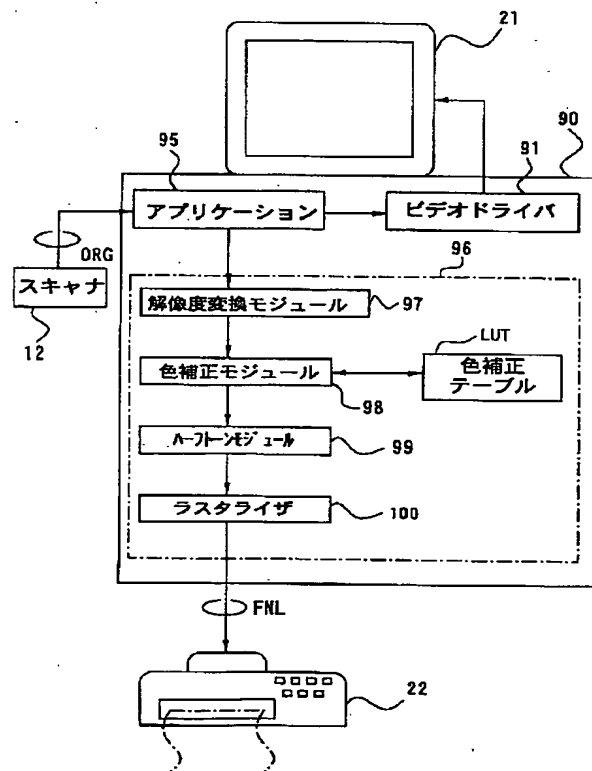
【図1】



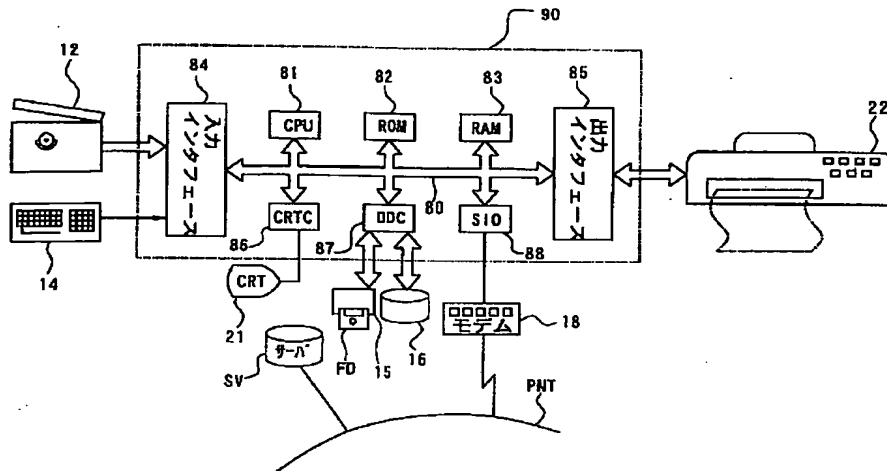
階調値	第1パルス	第2パルス	デコード値
1 (00)	×	×	(00)
2 (01)	○	×	(10)
3 (10)	○	○	(11)

\* 135…スペーサ  
 136…第2の蓋部材  
 137…インク供給口  
 138, 139…連通孔  
 140…インク供給口形成基板  
 141…インク室  
 143…インク室形成基板  
 144…ノズル連通孔  
 145…ノズルプレート  
 10 146, 147, 148…接着層  
 191…タイミング制御手段  
 192…タイミング記憶手段  
 193…AD変換器  
 194…温度センサ  
 253A~253N…シフトレジスタ  
 254A~254N…ラッチ素子  
 255A~255N…レベルシフタ  
 256A~256N…スイッチ素子  
 \* 257A~257N…piezo素子

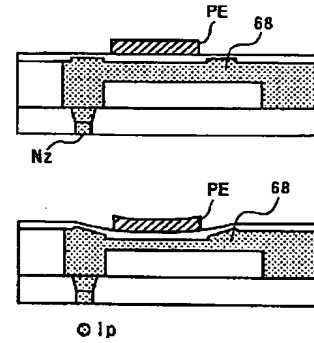
【図3】



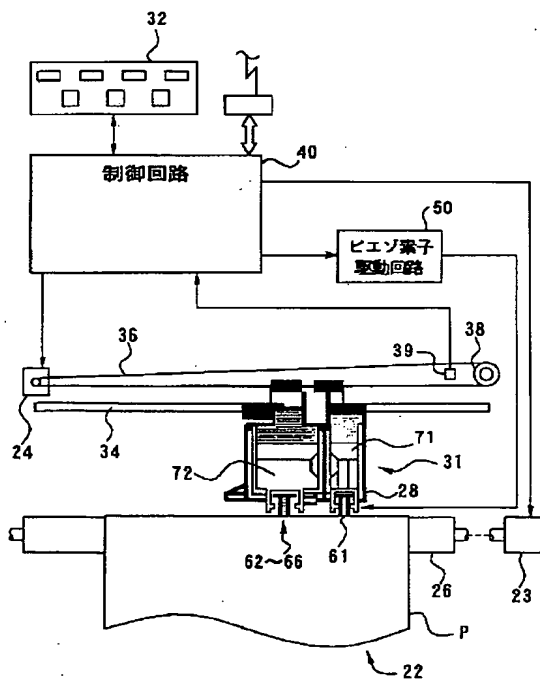
【図2】



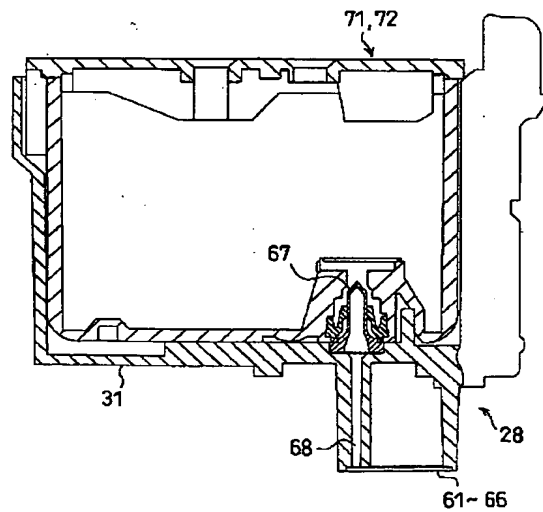
【図6】



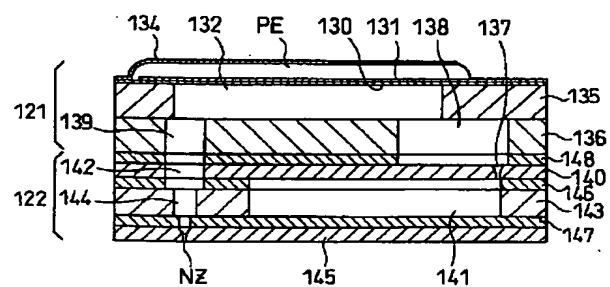
【図4】



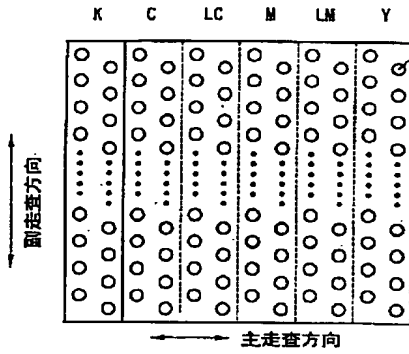
【図5】



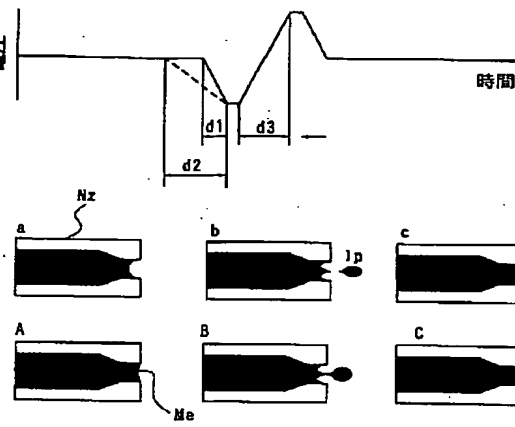
【図7】



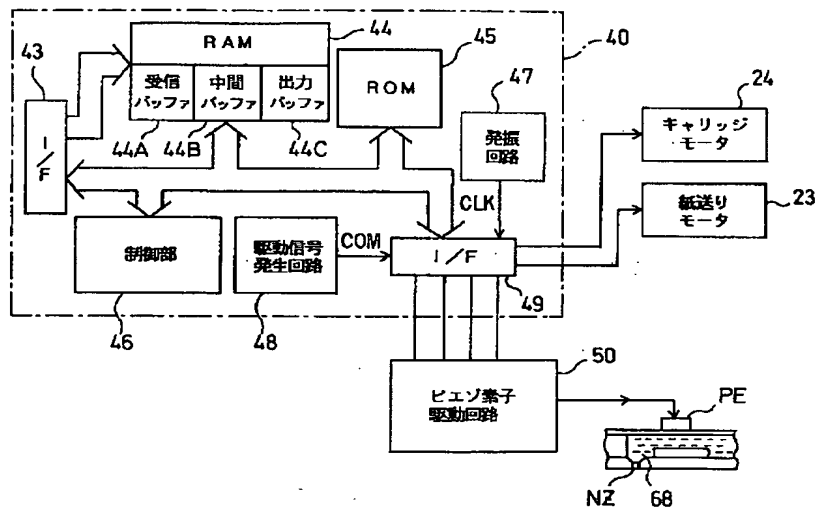
【図8】



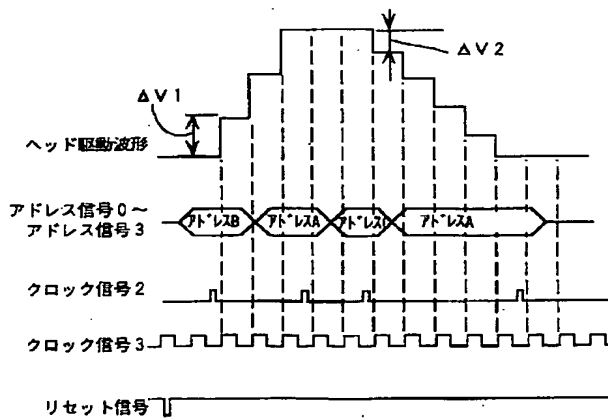
【図9】



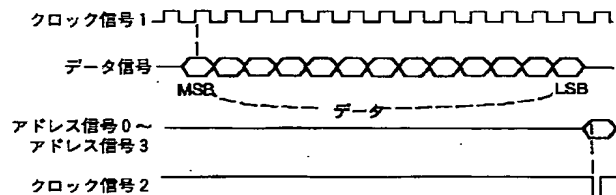
【図10】



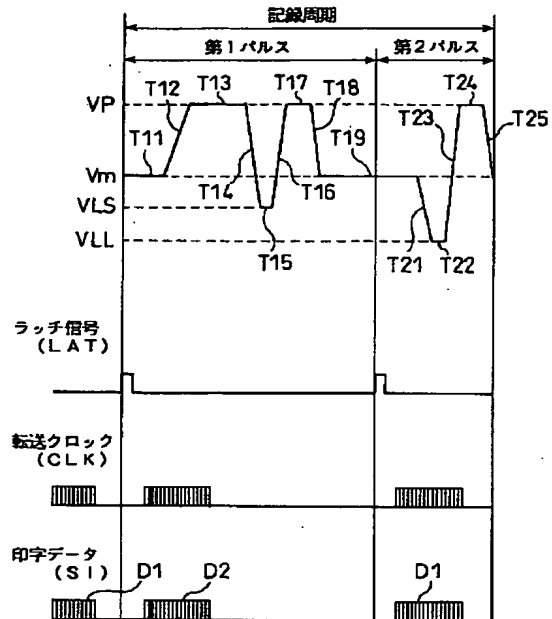
【図13】



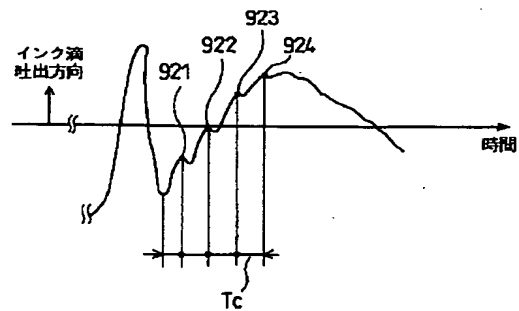
【図14】



【図11】



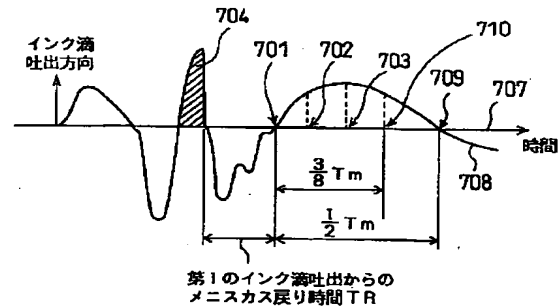
【図24】



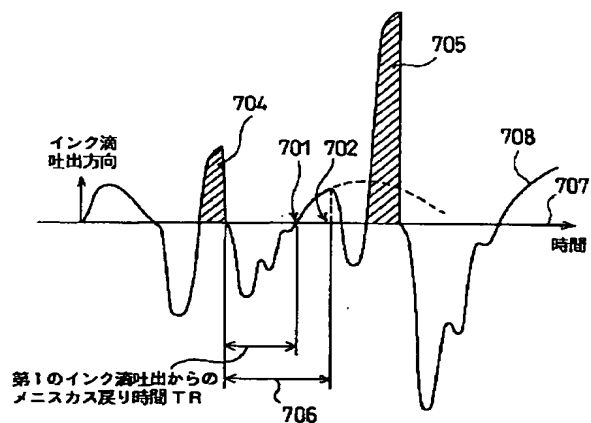
【図16】

パルス選択	1記録周期あたりのインク滴重量	
第1パルスのみ	5 ng	(本実施例)
第2パルスのみ	10 ng	
第1パルス+第2パルス	20 ng	(本実施例)

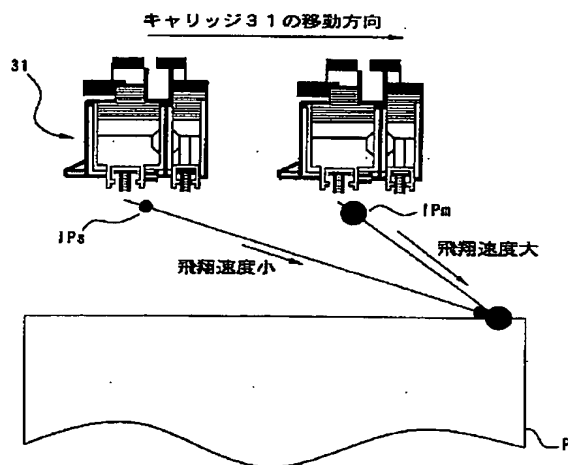
【図17】



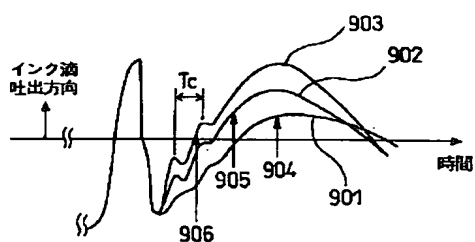
【図18】



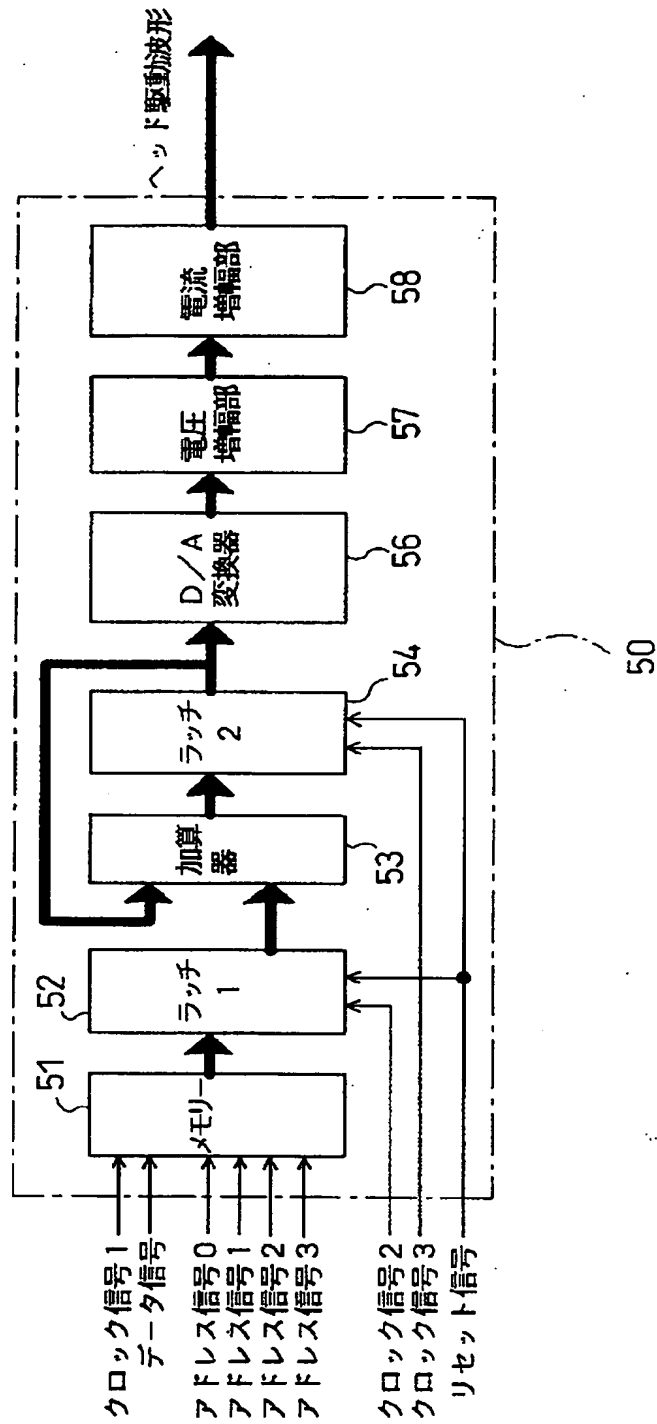
【図15】



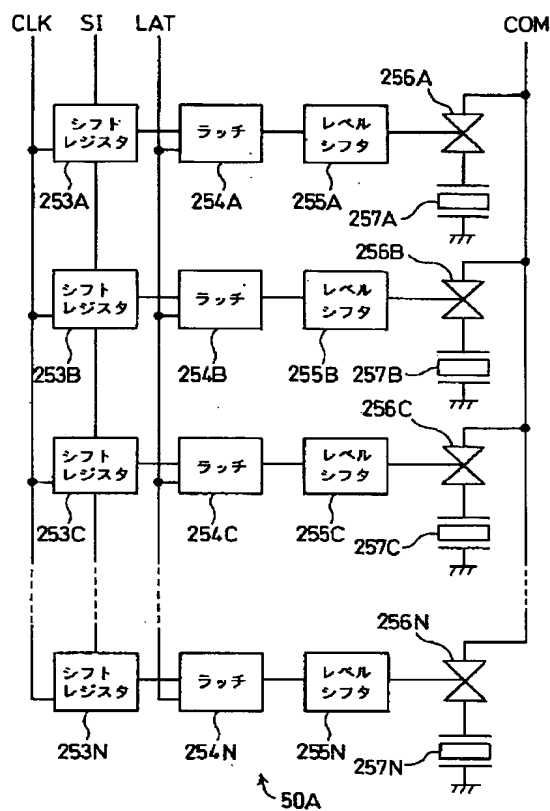
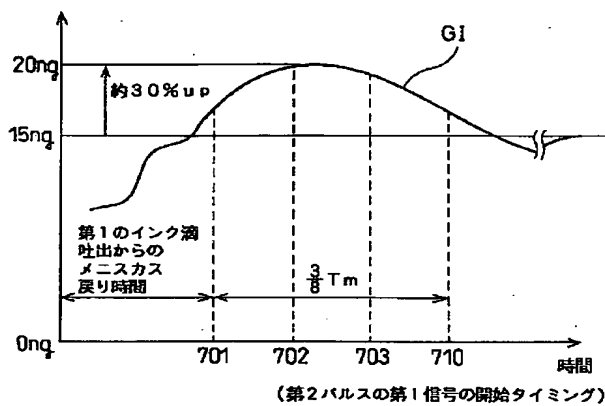
【図22】



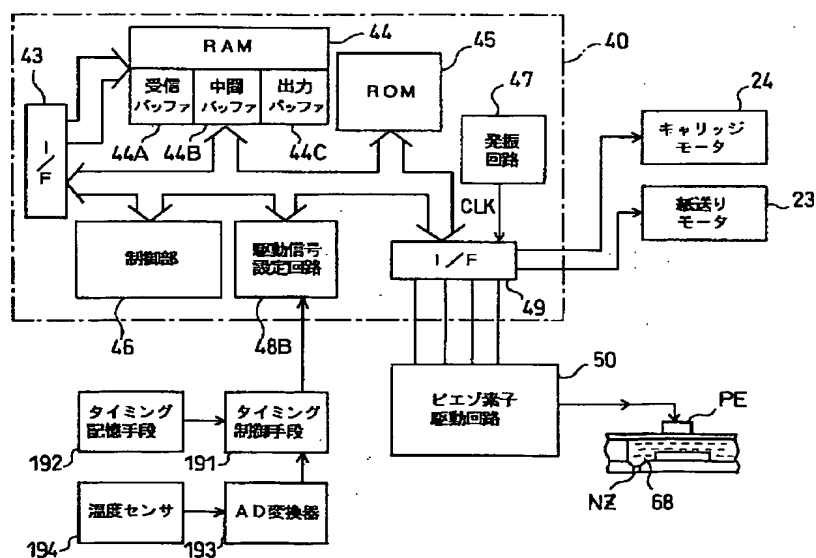
【図12】



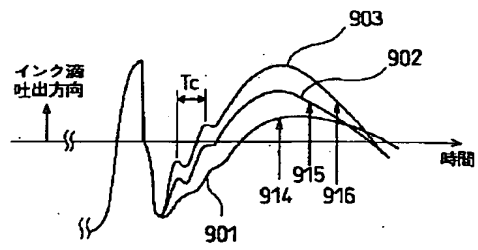
【図20】



【图 2-1】



【図23】





US006328400B1

**(12) United States Patent**  
**Yonekubo et al.****(10) Patent No.: US 6,328,400 B1**  
**(45) Date of Patent: Dec. 11, 2001****(54) PRINTER SYSTEM, METHOD OF GENERATING IMAGE, AND RECORDING MEDIUM FOR REALIZING THE METHOD****(75) Inventors:** Shuji Yonekubo; Takahiro Katakura; Kazumichi Shimada; Toshiaki Kakutani, all of Nagano-ken (JP)**(73) Assignee:** Seiko Epson Corporation, Tokyo (JP)**(\*) Notice:** Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 0 days.**(21) Appl. No.:** 09/147,035**(22) PCT Filed:** Apr. 1, 1998**(86) PCT No.:** PCT/JP98/01517

§ 371 Date: Sep. 15, 1998

§ 102(e) Date: Sep. 15, 1998

**(87) PCT Pub. No.:** WO98/43818

PCT Pub. Date: Oct. 8, 1998

**(30) Foreign Application Priority Data**

Apr. 2, 1997	(JP)	9-084233
Apr. 16, 1997	(JP)	9-099486
Nov. 19, 1997	(JP)	9-336529

**(51) Int. Cl.<sup>7</sup>** B41J 2/21**(52) U.S. Cl.** 347/15; 347/40; 347/43**(58) Field of Search** 347/9, 10, 11, 347/12, 14, 15, 40, 41, 43**(56) References Cited****U.S. PATENT DOCUMENTS**

4,739,415	•	4/1988	Toyono et al.	358/296
5,327,166	•	7/1994	Shimada	347/15

(List continued on next page.)

**FOREIGN PATENT DOCUMENTS**

0 516 366 12/1992 (EP).

0 610 096	8/1994	(EP)
0 622 239	11/1994	(EP)
0 687 565	12/1995	(EP)
WO 87/03363	6/1987	(WO)

**OTHER PUBLICATIONS**

U.S. application No. 09/147,364, filed Dec. 8, 1998, pending, Docket No. 4947-0057-2 PCT\*.

U.S. application No. 09/539,886, filed Mar. 31, 2000, pending, Docket No. 4947-0110-0.

*Primary Examiner*—N. Le*Assistant Examiner*—Lamson D. Nguyen*(74) Attorney, Agent, or Firm*—Oblon, Spivak, McClelland, Maier & Neustadt, P.C.**(57) ABSTRACT**

The present invention prevents deterioration of the quality in interlace printing. The printing system of the present invention uses a head that regulates the amount of ink spouting from nozzles and forms dots of different diameters. While the diameter of dots formed in one primary scan is restricted to a fixed value, the system of the present invention enables dots of different diameters to coexist at an appropriate ratio, thereby improving the printing quality. The printing system of the present invention shifts a nozzle array, in which nozzles are arranged at intervals of a predetermined dot pitch, by a predetermined amount in the secondary scanning direction and varies the dot diameter on every primary scan, while controlling the nozzles in an overlapping state. This enables the dots of different diameters to coexist in a specified area. One preferable application carries out half-tone processing under the conditions for dots of a certain diameter at the position where a dot of the certain diameter is formed. This application controls the ratio of dot formation to a desired level. For example, the probability of formation of small-diameter dots is increased in a low-density area. Another preferable application divides the nozzle array on a print head into two groups of nozzles, wherein each group of nozzles forms dots of a specified size. Appropriate selection of the nozzle pitch and the quantity of secondary scanning feed enables printing in which large-diameter dots and small-diameter dots coexist according to a predetermined rule.

**36 Claims, 32 Drawing Sheets**